ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 FÉVRIER 1913.

PRÉSIDENCE DE M. F. GUYON.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. A. **Haller** fait hommage à l'Académie d'une médaille de *Schützenberger*.

M. **Pierre Termier**, présentant à l'Académie l'Ouvrage intitulé *Die moravischen Fenster und ihre Beziehung zum Grundgebirge des hohen Gesenke*, dont l'auteur est M. le professeur Franz Eduard Suess, de l'Université de Vienne, s'exprime en ces termes :

Le Mémoire que M. Franz Eduard Suess vient de consacrer aux *Fenêtres moraves* (t. LXXXVIII des *Denkschr. der mathem.-naturwiss. Kl. d. k. Akad. d. Wissensch.*) mérite d'être signalé à l'attention de tous les géologues. Il jette un jour nouveau sur le problème des terrains cristallophylliens, et il éclaire, en même temps, la structure profonde d'une vaste région de l'Europe centrale.

Dans les terrains cristallins du Sud du Massif de Bohême, il y a deux séries profondément différentes : l'une, à l'Ouest, constitue le *pays moldanubien*, qui correspond à une partie de la Moravie, à la plus grande partie de la Bohême méridionale, et même à un morceau du Bayrischer Wald ; l'autre, à l'Est, affleure, en Moravie, dans deux dômes dont on ne voit, malheureusement, que le bord occidental (tout le reste étant caché par les terrains tertiaires et quaternaires du bassin de Vienne). Ces dômes sont appelés, par l'auteur, *dôme de la Thaya* (près de Znaïm) et *dôme de la Schwarzawa* (près de Brünn). La série cristalline qui affleure dans ces dômes constitue le *pays morave*.

La *série moldanubienne* est faite de gneiss et micaschistes très variés, parfois à fibrolite, cordiérite ou grenat, parfois riches en plagioclases; et aussi d'amphibolites, éclogites, gabbros, serpentine, marbres à graphite et à silicates calcaires, roches à augite, etc. Des roches massives (surtout granite à amphibole) interrompent cette alternance et forment de vastes amas. Des filons de pegmatite à tourmaline traversent tout l'ensemble. Dans les roches stratiformes, il n'y a pas de direction régulière : l'allure est lenticulaire, avec des contorsions capricieuses; elle s'ordonne seulement autour des grands batholites granitiques. Sur le bord de ceux-ci, on observe souvent comme un passage du granite au gneiss.

La *série morave* est formée, elle aussi, presque exclusivement, de roches cristallophylliennes et de batholites granitiques; mais les roches sont tout autres, et, surtout, l'allure générale est très différente. On se croirait dans un *massif central* des Alpes orientales : un noyau granitique, ou granito-gneissique, enveloppé d'un manteau de phyllades, de micaschistes, de calcaires micacés (sans graphite et sans silicates calcaires), en couches parallèles et concordantes; et, sur ce manteau, une couverture d'*Augengneis* à orthose et à mica blanc (*Bitteschergneis*). La succession est très régulière, et les bandes parallèles se poursuivent sur plus de 100^{km}, régularité qui contraste vivement avec le chaos du pays moldanubien. Enfin, le métamorphisme est moindre, semble-t-il ; il est caractérisé par la naissance de minéraux hydratés (chlorite, séricite, épidote) et d'albite, et par l'absence des plagioclases basiques.

Partout où l'on voit le contact des deux séries, on constate que *la série morave s'enfonce régulièrement sous la série moldanubienne*. Entre les deux, il y a une intercalation, plus ou moins épaisse, de micaschistes et de gneiss à deux micas. Cette zone intercalaire n'est pas un terrain spécial; c'est une modification locale des gneiss moldanubiens. Sa base seule, tout contre le *Bitteschergneis*, est mylonitisée ou diaphtoritisée.

Chose curieuse, dans les deux dômes de la série morave, la cristallinité et le zonage des assises diminuent de haut en bas; dans le dôme du Nord (Schwarzawa), les couches les plus profondes que l'on connaisse sont très peu métamorphiques (phyllades, conglomérats quartzeux, granite écrasé, calcaires très semblables au calcaire dévonien fossilifère d'Olmütz).

Nul doute que le pays moldanubien ne soit charrié sur le pays morave. Le pays moldanubien est une écaille provenant d'une zone profonde de l'écorce, et le pays morave, beaucoup moins atteint par le métamorphisme, apparaît *en fenêtre* dans les déchirures de cette écaille. Les deux dômes de

terrains moraves correspondent à deux fenêtres dont les bords orientaux sont cachés. Plus au Nord, dans les Sudètes (Gesenke), aux confins de la Moravie et de la Silésie, on voit, de même, les gneiss moldanubiens reposer, à l'Est, sur les terrains cristallins silésiens : ceux-ci appartiennent donc encore au *pays morave*. La superposition, par charriage, d'une série sur l'autre, s'observe ainsi depuis le Manhartsberg, près du Danube, jusqu'à la plaine silésienne, sur plus de 250^{km} de longueur.

Rien n'indique le sens du déplacement relatif des deux pays. Quant à l'âge du charriage, voici ce qu'on peut dire : une partie des roches moraves appartient très probablement au Dévonien, et le Culm est transgressif sur les deux systèmes. Le charriage est donc certainement antérieur au Culm, et il est probablement de la fin du Dévonien.

Cette brève analyse ne donnera qu'une idée bien insuffisante de la multitude des faits observés par M. Franz E. Suess, et de la très grande portée de ses conclusions dans les deux domaines de la Pétrographie et de la Tectonique. Le Mémoire sur les *Fenêtres moraves* est vraiment digne du nom de Suess; et sa lecture réjouira tous les géologues, en leur montrant que, dans la famille de l'auteur de *Das Antlitz der Erde*, se perpétuent les dons d'observer, de décrire, d'interpréter et de synthétiser.

THERMODYNAMIQUE. — *Sur deux inégalités fondamentales de la Thermodynamique*. Note de M. **Pierre Duhem**.

Il existe, en Thermodynamique, deux inégalités fondamentales qui se rattachent aux idées de Clausius; la croissance adiabatique de l'entropie, dont nous nous sommes occupé dans une Note récente ([1]), est un cas particulier d'une de ces inégalités. Pour les systèmes composés d'un nombre limité de parties, dont chacune est d'une température uniforme, M. É. Jouguet a démontré ces inégalités au moyen d'un postulat particulier ([2]). Pour les systèmes sur lesquels la température est distribuée avec continuité, nous en avons donné une démonstration qui fait appel à la théorie de la conductibilité de la chaleur ([3]). Nous nous proposons de

---

([1]) *Sur la croissance adiabatique de l'entropie* (*Comptes rendus*, t. 156, 27 janvier 1913, p. 284).

([2]) É. Jouguet, *Sur la stabilité de l'équilibre* (*Procès-verbaux de la Société des Sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 23 juillet 1903).

([3]) *Traité d'Énergétique*, t. II, p. 220-229.

donner, de ces inégalités, une démonstration indépendante de la théorie de la conductibilité, et fondée sur les mêmes principes que la démonstration, récemment donnée, de la croissance adiabatique de l'entropie.

Soit Γ un système que bornent, en partie, un corps imperméable à la chaleur sur lequel il n'y a pas glissement accompagné de viscosité, et, en partie, une surface S portée à une température uniforme ϑ_0; cette température peut varier d'un instant à l'autre. Pour éviter les longueurs, nous supposerons, comme en notre précédente Note :

1° Que deux parties du système ne glissent pas l'une sur l'autre avec viscosité;

2° Qu'aucun volume, si petit soit-il, n'est de température uniforme.

Pendant le temps compris entre les instants t et $t+dt$, le système Γ dégage une quantité de chaleur Q_0. A l'instant t, nous partageons ce système en deux systèmes partiels, Γ', Γ''; le premier contient toutes les parties dont la température est au moins égale à ϑ_0, le second toutes les parties dont la température est au plus égale à ϑ_0. Dans le temps dt, ces systèmes dégagent respectivement des quantités de chaleur Q'_0, Q''_0, et nous avons $Q_0 = Q'_0 + Q''_0$.

Soit ϑ'_1 la limite supérieure des températures du système Γ'; soit ϑ' une température comprise entre ϑ_0 et ϑ'_1. Si, du système Γ', nous retranchons toutes les parties dont la température est inférieure à ϑ', il reste un système $C'(\vartheta')$ qui est identique au système Γ' si $\vartheta' = \vartheta_0$ et qui s'évanouit si $\vartheta' = \vartheta'_1$. Dans le temps dt, le système $C'(\vartheta')$ dégage une quantité de chaleur $p'(\vartheta')dt$; $p'(\vartheta_0)dt$ est égal à Q'_0; $p'(\vartheta_1)$ est nul; enfin, pour toute valeur de ϑ' autre que ϑ'_1, $p'(\vartheta')$ est positif en vertu du postulat que nous avons admis.

Soit ϑ''_1 la limite inférieure des températures du système Γ''; soit ϑ'' une température comprise entre ϑ''_1 et ϑ_0. Si, du système Γ'', nous retranchons toutes les parties dont la température est inférieure à ϑ'', il reste un système $C''(\vartheta'')$ qui est identique au système Γ'' si $\vartheta'' = \vartheta''_1$ et qui s'évanouit si $\vartheta'' = \vartheta_0$. Dans le temps dt, le système $C''(\vartheta'')$ dégage une quantité de chaleur $p''(\vartheta'')dt$; $p''(\vartheta''_1)dt$ est égal à Q''_0; $p''(\vartheta_0)$ est égal à o; pour toute autre valeur de ϑ'', $p''(\vartheta'')$ est positif.

Soient, à l'instant t, $d\varpi$ un élément de volume du système Γ; ρ sa densité, $\rho\sigma d\varpi$ son entropie, q la quantité de chaleur qu'il dégage dans le temps dt; $R\,d\varpi\,dt$ la valeur, pendant ce temps, du travail accompli par la viscosité interne à cet élément; enfin $F(\vartheta)$ la température absolue de cet

élément. Entre ces diverses grandeurs existe la relation

$$(1) \qquad q = - F(\vartheta)\rho \frac{d\sigma}{dt} d\varpi\, dt - R\, d\varpi\, dt.$$

Considérons, dans le système Γ', toutes les masses élémentaires dont la température est comprise entre ϑ' et $(\vartheta' + d\vartheta')$. Nous aurons évidemment

$$\Sigma q' = - \frac{d\,p'(\vartheta')}{d\vartheta'} d\vartheta'\, dt,$$

le premier membre désignant une somme étendue à toutes les masses élémentaires dont nous venons de parler; nous en tirerons

$$\sum \frac{q'}{F(\vartheta')} = - \frac{1}{F(\vartheta')} \frac{d\,p'(\vartheta')}{d\vartheta'} d\vartheta'\, dt.$$

Intégrons des égalités semblables pour tout le système Γ', et nous aurons l'égalité suivante, où le premier membre est une somme qui s'étend à toutes les masses élémentaires du système Γ' :

$$\sum \frac{q'}{F(\vartheta')} = - dt \int_{\vartheta_0}^{\vartheta_1} \frac{d\,p'(\vartheta')}{d\vartheta'} \frac{1}{F(\vartheta')} d\vartheta'.$$

Une intégration par parties, appliquée au second membre, nous donne

$$\sum \frac{q'}{F(\vartheta')} = \frac{Q'_0}{F(\vartheta_0)} - dt \int_{\vartheta_0}^{\vartheta_1} \frac{p'(\vartheta')\, F'(\vartheta')}{[F(\vartheta')]^2} d\vartheta'.$$

Pour le système Γ'', on peut écrire une égalité analogue; ajoutée membre à membre avec celle-ci, elle donnera l'égalité

$$(2) \qquad \sum \frac{q}{F(\vartheta)} - \frac{Q_0}{F(\vartheta_0)} = - dt \left\{ \int_{\vartheta_0}^{\vartheta_1} \frac{p'(\vartheta')\, F'(\vartheta')}{[F(\vartheta')]^2} d\vartheta' + \int_{\vartheta_1}^{\vartheta_0} \frac{p''(\vartheta'')\, F'(\vartheta'')}{[F(\vartheta'')]^2} d\vartheta'' \right\},$$

où la somme qui figure au premier membre s'étend à toutes les masses élémentaires du système. En vertu des caractères des quantités $p'(\vartheta')$, $p''(\vartheta'')$, cette égalité donne l'inégalité

$$(3) \qquad \sum \frac{q}{F(\vartheta)} - \frac{Q_0}{F(\vartheta_0)} < 0$$

qui est une de celles que nous voulions établir.

Dans l'égalité (2), remplaçons q par sa valeur tirée de l'égalité (1) et désignons par

$$S = \int \rho\sigma\, d\varpi,$$

l'entropie totale du système. Nous trouverons l'égalité

$$(4)\quad \frac{d\mathfrak{S}}{dt}dt + \frac{Q_0}{F(\mathfrak{S}_0)} = dt\left\{\int_{\mathfrak{S}_0}^{\mathfrak{S}'_1} \frac{p'(\mathfrak{S}')\,F'(\mathfrak{S}')}{[F(\mathfrak{S}')]^2}d\mathfrak{S}' + \int_{\mathfrak{S}''_1}^{\mathfrak{S}_0} \frac{p''(\mathfrak{S}'')\,F'(\mathfrak{S}'')}{[F(\mathfrak{S}'')]^2}d\mathfrak{S}''\right\} - dt\int R\,d\varpi.$$

Cette égalité donne l'inégalité

$$(5)\qquad \frac{d\mathfrak{S}}{dt}dt + \frac{Q_0}{F(\mathfrak{S}_0)} > 0.$$

C'est la seconde des inégalités que nous voulions établir.

Tous les théorèmes dont l'énoncé, en notre *Traité d'Énergétique*, contenait cette restriction : *La chaleur, sur le système, se propage exclusivement par conductibilité*, peuvent être, maintenant, débarrassés de cette restriction ; ils supposent seulement, comme le suppose, elle aussi, la théorie de la conductibilité, l'exactitude du postulat qui formule d'une manière précise, selon nous, l'axiome de Clausius.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Hydrogénation directe des éthers phénylacétiques : préparation de l'acide cyclohexylacétique*. Note de MM. **Paul Sabatier** et **M. Murat**.

I. Dans une Communication antérieure nous avons fait connaître que la méthode d'hydrogénation directe par catalyse sur le nickel peut être appliquée avec succès aux éthers de l'acide benzoïque qui sont ainsi transformés en éthers de l'acide hexahydrobenzoïque ([1]).

Il était permis d'espérer qu'une réaction similaire pourrait être accomplie avec les éthers issus des acides homologues de l'acide benzoïque. Ces derniers sont de diverses sortes, selon leur mode de dérivation à partir de l'acide phénylformique ou benzoïque ; les uns proviennent de substitutions forméniques pratiquées dans le noyau aromatique de cet acide, par exemple les acides toluiques, éthylbenzoïques, diméthylbenzoïques, etc. ; les autres sont issus de substitutions aromatiques pratiquées dans les homologues de l'acide formique, par exemple, l'acide phénylacétique, les acides α et β-phénylpropioniques, etc.

Nous avons déjà annoncé, dans la Note précitée, que les éthers des *acides toluiques* se prêtent avantageusement à une hydrogénation directe, dont les résultats détaillés seront très prochainement décrits.

([1]) Paul Sabatier et M. Murat, *Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 922.

II. Nous sommes parvenus à réaliser, dans des conditions excellentes, l'hydrogénation directe de divers éthers de l'*acide phénylacétique*, qui sont transformés *intégralement*, sans aucune perte ni aucune formation secondaire, en éthers correspondants de l'*acide cyclohexylacétique*

$$C^6H^{11}.CH^2.CO^2H.$$

Les éthers phénylacétiques ont été préparés par la méthode d'Émile Fischer, en chauffant l'acide phénylacétique avec un excès des divers alcools primaires forméniques, en présence de quelques centièmes d'acide sulfurique concentré : les rendements sont excellents.

L'hydrogénation a été pratiquée avec un grand excès d'hydrogène sur un nickel très actif, maintenu à 180° : on obtient dans tous les cas, du premier coup, un éther cyclohexylacétique pur, qui est, à froid, absolument inattaqué par le mélange sulfonitrique. L'action du métal peut se prolonger indéfiniment sans affaiblissement appréciable.

Parmi les éthers obtenus ainsi, seul l'éther *éthylique* avait été isolé par une autre voie.

III. Les éthers cyclohexylacétiques sont des liquides incolores, moins denses que l'eau, dont l'odeur, non désagréable tout d'abord, imprègne les objets et les vêtements d'une façon très désagréable et très persistante, par suite d'une saponification lente en acide libre d'odeurs butyriques.

Le *cyclohexylacétate de méthyle* bout à 200°-202° (corr.). On a $d_0^0 = 0,9961$.

A 14°, on a $d_0^{14} = 0,9896$ et $n_D = 1,459$; on en déduit comme pouvoir réfringent $R_D = 43,2$ (calculé 43,0).

Le *cyclohexylacétate d'éthyle* bout à 211°-212° (corr.). On a trouvé $d_0^0 = 0,9626$.

A 14°, on a $d_0^{14} = 0,9537$ et $n_D = 1,451$; d'où $R_D = 47,84$ (calculé 47,89).

Darzens avait préparé cet éther en hydrogénant sur le nickel l'*acide cyclohexène-acétique*, obtenu lui-même à partir de la cyclohexanone [1]. Freundler l'avait également isolé, par éthérification directe, de l'acide cyclohexylacétique et avait indiqué le même point d'ébullition [2].

---

(1) DARZENS, *Comptes rendus*, t. 144, 1905, p. 330.

(2) FREUNDLER, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXXV, 1906, p. 546.

Le *cyclohexylacétate de propyle* bout à 228°-229° (corr.). Nous avons trouvé $d_0^0 = 0,9560$ et, à 15°, $d_0^{15} = 0,9431$, avec $n_D = 1,450$. On en déduit $R_D = 52,28$ (calculé 52,50).

Le *cyclohexylacétate d'isobutyle* bout à 240°-241° (corr.). On a trouvé $d_0^0 = 0,9445$ et, à 14°, $d_0^{14} = 0,9307$, avec $n_D = 1,452$; on en déduit $R_D = 57,5$ (calculé 57,1).

Le *cyclohexylacétate d'isoamyle* bout à 250°-251° (corr.). On a trouvé $d_0^0 = 0,9388$ et, à 16°, $d_0^{16} = 0,9267$, avec $n_D = 1,454$; on en tire $R_D = 61,76$ (calculé 61,70).

La comparaison de ces constantes physiques montre que l'indice de réfraction demeure à peu près invariable, avec toutefois un minimum peu accusé pour l'éther propylique. Au contraire, la densité diminue régulièrement à partir de l'éther méthylique.

IV. Ces éthers, chauffés pendant 1 heure avec de la potasse alcoolique, sont facilement saponifiés. En traitant, par l'acide sulfurique dilué, le cyclohexylacétate de potassium ainsi formé, on libère l'acide, qui est facilement isolé à l'état de pureté.

L'*acide cyclohexylacétique* se présente en cristaux blancs qui fondent à 32° et possèdent une densité peu différente de celle de l'eau, dans laquelle ils sont peu solubles. Il possède une odeur butyrique désagréable; il rougit fortement le tournesol. Il bout à 245° (corr.). Nous avons préparé son amide, le *cyclohexylacétamide* $C^6H^{11}.CH^2.CONH^2$, par action de l'ammoniaque sur l'éther éthylique : ce sont des écailles blanches, qui fondent à 167°-168° (corr.). Wallach, qui avait préparé l'acide cyclohexylacétique par une autre voie, a indiqué, pour l'acide et pour l'amide, des constantes à peu près identiques ([1]).

On voit que l'hydrogénation directe des éthers phénylacétiques fournit un procédé pratique très avantageux pour préparer les éthers cyclohexylacétiques et, par suite, pour obtenir l'acide cyclohexylacétique lui-même.

V. Il est intéressant de rapprocher cette aptitude à l'hydrogénation directe de l'insuccès complet auquel nous a conduits celle des éthers de l'*alcool benzylique*.

Si l'on essaie d'hydrogéner à 180°, sur un nickel très actif, l'*acétate de benzyle* $C^6H^5.CH^2.OCO.CH^3$, isomère du phénylacétate de méthyle, on

([1]) Wallach, *Chem. Centralblatt*, 1907, (2), p. 53.

obtient exclusivement formation de toluène $C^6H^5.CH^3$, et d'acide acétique, qui attaque le nickel et lui enlève de suite toute activité catalytique. La fonction de l'alcool primaire benzylique est, d'après les comparaisons de Mentschukine relatives aux limites d'éthérification, peu différente de celle des alcools secondaires, et c'est sans doute de cette faiblesse de la fonction que provient l'instabilité des éthers fournis par cet alcool vis-à-vis de l'hydrogénation.

Nous avons reconnu que les éthers de l'*acide hydrocinnamique* ou *α-phénylpropionique* se prêtent comme ceux de l'acide phénylacétique à une hydrogénation régulière; nous aurons l'honneur de l'exposer dans une Note prochaine.

GÉOLOGIE. — *Observations sur l'histoire géologique pliocène et quaternaire du golfe et de l'isthme de Corinthe.* Note [1] de M. **Charles Depéret.**

Les formations pliocènes et quaternaires marines du golfe et de l'isthme de Corinthe ont donné lieu, depuis le bel Ouvrage de l'*Expédition scientifique de Morée*, à d'importants travaux de Neumayr, Hörnes, Th. Fuchs et, plus récemment, de Ed. Fuchs et Jousseaume, de Philippson et Oppenheim. J'ai parcouru en 1912 cette intéressante contrée de Mégare à Patras, soit seul, soit en compagnie de M. Négris, qui a publié de si belles recherches sur l'histoire quaternaire de la Méditerranée orientale. J'ai pu me faire, sur l'histoire géologique de cette région, des idées qui ne concordent pas toujours avec celles des savants précités et que je me propose d'exposer synthétiquement.

I. Période pliocène. — A la suite d'effondrements prépliocènes, il existait, sur l'emplacement du golfe de Corinthe, un bras de mer plus large que le golfe actuel, comme l'atteste la bande de terrains pliocènes qui borde la rive sud du golfe jusqu'au pied des montagnes secondaires du Péloponnèse. A l'Est, ce bras de mer se prolongeait par le double détroit de Corinthe et de Mégare, isolant le massif insulaire du Péloponnèse.

Ce *bras de mer corinthien* a été remblayé par une épaisse masse de sédiments pliocènes marins ou fluvio-marins, dont la puissance dépasse parfois un millier de mètres. Les géologues qui ont étudié ce Pliocène, notamment M. Philippson (*Der Peloponnes*), y ont distingué un étage inférieur marneux

[1] Reçue dans la séance du 3 février 1913.

et un étage supérieur de conglomérats, attribués l'un et l'autre à l'étage *Levantin* ou *Pliocène inférieur.*

Les faciès de ces dépôts sont assez complexes, et il y a lieu de distinguer de l'Ouest à l'Est plusieurs régions :

1° *Région occidentale*, de l'Adriatique à Patras et Ægion. Le faciès faunique est ici entièrement marin. Je prendrai pour type la belle coupe que j'ai relevée dans le ravin de Kastritsi, près Rhion. Le Pliocène débute par des marnes gris-blanchâtres à nombreux *Cardium edule* var. *umbonatum*, alternant avec des couches sableuses; au-dessus viennent encore des niveaux marneux riches en fossiles marins : *Turritella tricarinata*, *T. aspera*, *Nassa nitida*, *Corbula gibba*, *Venus gigas*, *V. multilamella*, *Cardita intermedia*, *Arca diluvii*, *Chama placentina*, *Pecten jacobæus*, *P. varius*, *P. opercularis*, *P. scabrellus*, *P. cf. inæquicostalis*, *Ostrea edulis*, *O. Boblayei*, etc. ; on passe ensuite à des sables jaunâtres dans lesquels commencent à apparaître des lits de galets littoraux souvent perforés par les Mollusques, et alternant à diverses reprises avec des marnes à innombrables *Cardium edule ;* peu à peu, les bancs de cailloutis marins prédominent sur les marnes et finissent par constituer presque toute la masse de la formation. J'ai cependant observé avec M. Négris des intercalations marneuses grisâtres à Turritelles, Dentales et *Cardium edule* jusqu'à plus de 600^m d'altitude à l'est du village de Kastritsi, et il en existe encore de plus élevées ; mais les conglomérats, de plus en plus grossiers et torrentiels, constituent toute la partie supérieure de la coupe qui dépasse l'altitude de 800^m.

Cette coupe de Kastritsi, qui est partout la même dans la région de Patras, montre le fait important *d'une série pliocène concordante qui comprend seulement*, *malgré son épaisseur d'au moins* 600^m, *des dépôts de mer très peu profonde*, où dominent les *Cardium* du groupe *edule* et autres formes subsaumâtres, comme *Nassa nitida, Corbula gibba*, bancs d'Huîtres. C'est un exemple remarquable *d'une fosse marine ayant joué le rôle de géosynclinal en voie d'affaissement lent et continu pendant la durée entière des temps pliocènes.*

2° *Région centrale* entre Ægion et Kiaton. C'est la région d'affaissement maximum de la *fosse corinthienne*, celle où le Pliocène acquiert des épaisseurs énormes et presque déconcertantes. M. Philippson a pu estimer à 600^m l'épaisseur des marnes inférieures, et à 800^m celle des conglomérats, le tout en couches subhorizontales, dans les massifs tabulaires imposants de l'Evrostina et du Mavron-Oros. Le faciès faunique commence ici à se modifier :

les fossiles marins, identiques à ceux de Patras, sont plus rares (Kumari, Xylokastron), mais, en plusieurs points, les apports limniques se manifestent par des fossiles à *facies levantin*, tels que *Limnæa Adelinæ*, *Congeria subcarinata*, Hydrobies, Valvées, près Kumari ; *Tulotoma* près Kléone (observations de M. Philippson). Ce faciès mixte, marin et saumâtre, mène à la région à faciès *encore plus levantin* de Corinthe et de Mégare.

3° *Région orientale* ou des détroits pliocènes de Corinthe et de Mégare. Dans le centre de l'isthme de Corinthe, le Pliocène n'apparaît que dans le bombement central de la tranchée du canal sous forme de marnes bleuâtres à la base, blanches à la partie supérieure, où M. Philippson a signalé des fossiles saumâtres (*Neritina micans*, *Melanopsis*, Congéries), mélangés à quelques rares formes marines.

Mais ces mêmes marnes affleurent largement soit au nord de l'isthme, au pied du mont Geraneia ; soit au sud, au pied de l'Oneion et de l'Acrocorinthe. Fuchs y a signalé près Kalamaki, un beau gisement de fossiles levantins : *Limnæa Adelinæ*, *Vivipara ornata*, Mélanies, Néritines, Congéries. J'ai aussi trouvé dans ces marnes des Hydrobies et des *Limnocardium* à peu de distance au sud-ouest de la ville de Corinthe.

Dans l'ancien détroit de Mégare, entre le massif alors insulaire de Geraneia et le chaînon de Patera, le faciès levantin est encore plus accusé. La succession de couches que j'y ai observée diffère assez notablement de celle indiquée par Fuchs et Philippson. On voit, à partir de la base, de puissants conglomérats de falaise, que surmonte la série multiple des calcaires marneux et des marnes à *Melanopsis*, *Mélanes*, *Néritines* et *Cérithes*, contenant la riche faune levantine dite de Mégare, décrite par Fuchs et Oppenheim. Cependant l'intervention de la mer se manifeste presque dès la base de la série par un banc mollassoïde riche en *Ostrea* du type *edulis-lamellosa*, fait non encore signalé. Au-dessus, j'ai observé des couches sableuses à fossiles d'eau douce (*Limnæa megarensis*, *Planorbis Thiollierei*), auxquelles succèdent des bancs travertineux à grosses tubulures, indiquant un faciès de marécage. C'est vers le haut de ces travertins que s'intercale un banc de $1^{m},50$ de calcaire poreux marin, criblé de moules et d'empreintes de *Cardium edule*, *Loripes lacteus*, *Tapes aureus*, *Cerithium atticum*, etc., exploité comme pierre tendre (*poros*). Après cet incident marin, le Pliocène se termine par des couches fluvio-continentales, formées de marnes ligniteuses à *Planorbis Thiollierei* et *Limnæa Forbesi*, que surmontent des limons et cailloutis rouges à faciès continental, indiquant la fin d'un *cycle de sédimentation* continu et complet.

4° Plus à l'Est, les détroits de Corinthe et de Mégare s'ouvraient dans le golfe Saronique, se mettant en communication avec le golfe saumâtre fermé du bassin d'Athènes, à la fois par l'étroit défilé de Daphni, et plus largement par le Pirée. Enfin, au sud d'Egine, s'ouvrait librement la mer pliocène, qui faisait le tour du Péloponnèse.

Conclusions. — Les faits généraux les plus importants qui se dégagent de ces observations et éclairent l'histoire pliocène du bras de mer corinthien sont les suivants :

1. Le bras de mer corinthien a été le siège d'une *sédimentation continue et concordante* pendant toute la durée du Pliocène. Cette sédimentation a été concomittante d'un *affaissement continu*, de vitesse équivalente, qui a permis l'accumulation de masses épaisses (plus de 1000^m) de *sédiments de mer toujours peu profonde*.

2. Bien que difficiles à délimiter dans ces faunes de mer peu profonde et même en partie lagunaire (faciès levantin), les trois étages *Plaisancien*, *Astien* et *Calabrien* y sont représentés, les deux premiers par un faciès marneux marin ou saumâtre, le dernier par un faciès de cailloutis apportés par les torrents des deux rives dans la dépression marine en voie de comblement.

3. L'abondance des apports continentaux est corrélative d'une *importante régression de la mer pliocène supérieure*, régression qui est presque générale sur tout le pourtour du bassin méditerranéen. La mer calabrienne est en effet limitée à la fosse centrale de cette mer (Sicile, Calabre).

4. De ce double fait : régression de la mer et accumulatiou d'énormes épaisseurs de cailloutis calabriens (800^m) résulte la conséquence forcée du *comblement du bras de mer corinthien* et de sa transformation, à la fin du Pliocène, *en une dépression continentale* d'une altitude très sensiblement supérieure au niveau de la mer actuelle. *Le Péloponnèse était alors soudé à la Grèce continentale.*

5. Cette transformation du golfe de Corinthe en vallée continentale a dû être encore plus accentuée à la suite des mouvements tectoniques intenses qui marquent la fin de l'époque Pliocène. *Le soulèvement en masse de la*

---

(1) Cette histoire de la dépression corinthienne m'a semblé identique à celle du détroit de Messine, où les cailloutis fluvio-marins du Calabrien supérieur ont de même déterminé la soudure de la Calabre et de la Sicile, permettant le passage dans cette grande île de la faune quaternaire à *Elephas antiquus*.

région a emporté, en effet, les dépôts pliocènes à de grandes altitudes qui, de 800^m dans la région de Patras, s'élèvent jusqu'à 1750^m au Mavron Oros, pour retomber à l'Est à 550^m, autour du massif de Geraneia. Des failles parallèles Est-Ouest, conséquentes de ce mouvement, ont d'ailleurs découpé ce Pliocène en gradins successifs qui *s'abaissent vers l'axe*, *fortement surélevé*, de la dépression corinthienne.

Ainsi se prépare une phase continentale par laquelle va débuter l'histoire des temps quaternaires.

M. A. **Balland** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage intitulé : *Les pharmaciens militaires français*.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Correspondant pour la Section de Botanique, en remplacement de M. *Schwendener*, élu Associé étranger.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 46,

M. Hugo de Vries obtient. . . . . . 45 suffrages
M. Farlow » . . . . 1 suffrage

M. **Hugo De Vries**, ayant réuni la majorité absolue des suffrages, est élu Correspondant de l'Académie.

COMMISSIONS.

M. G. **Bigourdan** est désigné pour remplacer, dans la Commission du prix Volney, M. *H. Poincaré*, décédé.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix, chargées de juger les concours de l'année 1913.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Mathématiques : *Prix Francœur, Bordin.* — MM. Jordan, Émile Picard, Appell, Painlevé, Humbert, Hadamard, Darboux, Boussinesq, Alfred Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Vieille, Lecornu.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de Grand Prix des Sciences mathématiques* pour l'année 1916.

Mécanique : *Prix Montyon, Poncelet.* — MM. Boussinesq, Deprez, Léauté, Sebert, Vieille, Lecornu, Schlœsing, Haton de la Goupillière, Bertin.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Villard.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de prix Fourneyron* pour l'année 1916.

Navigation : *Prix extraordinaire de la Marine, Plumey.* — MM. Grandidier, Boussinesq, Deprez, Léauté, Bassot, Guyou, Sebert, Hatt, Bertin, Vieille, Lallemand, Lecornu.

Astronomie : *Prix Pierre Guzman, Lalande, Valz, G. de Pontécoulant.* — MM. Wolf, Deslandres, Bigourdan, Baillaud, Hamy, Puiseux, Darboux, Lippmann, Émile Picard.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, Hadamard.

Géographie : *Prix Tchihatchef, Gay.* — MM. Grandidier, Bassot, Guyou, Hatt, Bertin, Lallemand, Ph. van Tieghem, Perrier, le prince Roland Bonaparte.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Darboux, Lacroix.

Cette Commission est également chargée de présenter une *Question de prix Gay* pour l'année 1916.

Physique : *Prix Hébert, Hughes, Henri de Parville, Gaston Planté, Kastner-Boursault.* — MM. Lippmann, Violle, Amagat, Bouty, Villard, Branly, Boussinesq, Émile Picard, Carpentier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Appell, d'Arsonval.

Chimie : *Prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres), Berthelot, Vaillant.* — MM. Gautier, Lemoine, Haller, Le Chatelier, Jungfleisch, Moureu, Schlœsing, Carnot, Maquenne.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Müntz, Roux.

Minéralogie et Géologie : *Prix Delesse, Joseph Labbé, Victor Raulin.* — MM. Lacroix, Barrois, Douvillé, Wallerant, Termier, De Launay, Perrier, Zeiller, Bouvier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Le Chatelier, Lallemand.

Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, De Coincy, Grand Prix des Sciences physiques, Thore, De la Fons-Melicocq.* — MM. Guignard, Bonnier, Prillieux, Zeiller, Mangin, Costantin, Ph. van Tieghem, Perrier, Bouvier.

Ont obtenu ensuite le plus de suffrages : MM. Müntz, le prince Roland Bonaparte.

PLIS CACHETÉS.

M. G. de Saint-Aubin demande l'ouverture d'un pli cacheté reçu dans la séance du 21 octobre 1912 et inscrit sous le n° 7963.

Ce pli, ouvert en séance par M. le Président, contient une Note intitulée : *Dispositif de sécurité en aéroplane.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

CORRESPONDANCE.

MM. **Camille Chabrié, Georges Claude, Paul Janet, Maurice d'Ocagne** prient l'Académie de vouloir bien les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section des Académiciens libres, par le décès de M. *Teisserenc de Bort.*

M. le **Secrétaire perpétuel** invite les personnes qui désirent occuper l'un des deux postes d'étude que M. le Ministre de l'Instruction publique a acquis pour la France, au Laboratoire international du Mont-Rose, à envoyer leur demande à l'Académie des Sciences.

M. le **Ministre du Commerce et de l'Industrie** informe l'Académie de la convocation d'une Conférence générale des Poids et Mesures, qui s'ouvrira à Paris le 9 octobre prochain.

Cette Conférence se réunira sous la présidence de M. le Président de l'Académie.

M. H. Fehr fait hommage à l'Académie d'un tirage spécial du portrait de H. Poincaré, publié par l'*Enseignement mathématique*.

MM. Ch. Fabry et H. Buisson adressent un Rapport sur l'emploi qu'ils ont fait et des expériences qu'ils ont exécutées à l'aide de la subvention qui leur a été accordée sur le *Fonds Bonaparte* en 1911.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° E. Doublet. *Le Centenaire de Bougainville*. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

2° 11 Volumes d'une *Collection de Manuels pratiques d'analyse chimique*, qui en comprendra 25, publiés sous la direction de MM. F. Bordas et Eugène Roux. (Présenté par M. d'Arsonval.)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination de la croissance des fonctions entières définies par une série de Taylor*. Note de Mlle S. Tillinger, présentée par M. Émile Picard.

Les recherches sur la représentation des fonctions analytiques et sur les points singuliers montrent bien l'importance d'une étude détaillée de la croissance des fonctions entières dont les coefficients sont positifs et à croissance régulière [1].

Le résultat général que nous avons obtenu à cet égard est le suivant :

Soit donnée une fonction analytique $\mathfrak{F}(x)$ par une série à termes positifs

$$\mathfrak{F}(x) = \sum_{n=0}^{n=\infty} a_n x^n,$$

(1) G. Mittag-Leffler, *Sur la représentation analytique d'une branche uniforme d'une fonction monogène* (voir Note, *Acta mathematica*, t. XXIX, 1905). — P. Dienes, *Leçons sur les singularités des fonctions analytiques*. Paris, Gauthier-Villars, 1913.

où a_n est un polynome de degré k de n, et la fonction entière

$$\mathcal{G}(x)=\sum_{n=0}^{\infty} b_n x^n,$$

où $\frac{1}{b_n}=e^{ng(n)}$ et $g(n)$ est une fonction positive continue croissante possédant des dérivées des deux premiers ordres, la croissance de la fonction entière

$$\mathrm{F}(x)=\sum_{n=0}^{\infty} a_n b_n x^n$$

est déterminée par l'expression

$$\lim_{x=\infty} \frac{\mathrm{F}(x)}{[f(x)]^k \mathcal{G}(x)}=\text{const.},$$

où l'ordre de grandeur de la fonction entière $f(x)$ est égale à l'ordre de grandeur de la fonction inverse de $e^{g(n)}$.

En démontrant ce théorème, nous avons aussi montré que la méthode de M. Lindelöf [1] concernant la détermination des valeurs asymptotiques des fonctions entières est applicable non seulement dans des cas énumérés par lui, mais chaque fois que la fonction entière est de la forme $\mathcal{G}(x)=\sum_{n=0}^{\infty} b_n x^n$, comme dans le théorème ci-dessus.

Ce théorème contient comme cas particuliers les théorèmes suivants :

Soit donnée une fonction entière

$$\mathcal{G}(x)=\sum_{n=0}^{\infty} b_n x^n,$$

où $\log(b_n)^{-\frac{1}{n}}=g(n)$ est une fonction positive continue croissante possédant des dérivées des deux premiers ordres, en désignant par $\mathcal{G}^{(k)}(x)$ la dérivée de $\mathcal{G}(x)$ et par $f(x)$ une fonction d'ordre de grandeur de la fonction inverse de $e^{g(n)}$, on a

$$\lim_{x=\infty} \frac{x^k \mathcal{G}^{(k)}(x)}{[f(x)]^k \mathcal{G}(x)}=\text{const.}$$

Donc une fois donné l'ordre de croissance de la fonction, on peut déterminer celui de la dérivée.

---

[1] E. Lindelöf, *Mémoire sur la théorie des fonctions de genre fini* (*Acta Societatis scientiarum fennicæ*, t. XXXI, nº 1, 1901) et *Sur la détermination de la croissanee des fonctions entières*, etc. (*Bull. des Sciences math.*, 1903).

Soit donnée la fonction entière

$$\mathrm{H}(x)=\sum_{n=0}^{\infty}\beta(n)\frac{x^n}{e^{n\,g(n)}},$$

où

$$\beta(n)\sim(p)\quad (^1),$$

et $g(n)$ est une fonction positive croissante possédant des dérivées des deux premiers ordres, on conclut que

$$\lim_{x=\infty}\frac{\displaystyle\sum_{n=0}^{\infty}\beta(n)\frac{x^n}{e^{n\,g(n)}}}{[f(x)]^{p+\varepsilon}\displaystyle\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^n}{e^{n\,g(n)}}}=0$$

et

$$\lim_{x=\infty}\frac{\displaystyle\sum_{n=0}^{\infty}\beta(n)\frac{x^n}{e^{n\,g(n)}}}{[f(x)]^{p-\varepsilon}\displaystyle\sum_{n=0}^{\infty}\frac{x^n}{e^{n\,g(n)}}}=\infty,$$

ε étant aussi petit qu'on veut et $f(x)$ est une fonction d'ordre de grandeur de la fonction inverse de $e^{g(n)}$.

Ce théorème peut être considéré comme la généralisation d'un théorème de M. P. Dienes sur la croissance des fonctions entières formées à l'aide de la fonction exponentielle (²).

Application. — Soit donnée une fonction analytique qui peut s'écrire au voisinage de x_1

$$\mathfrak{F}(x)=\frac{\mathfrak{P}_q\log\left(\dfrac{1}{1-\dfrac{x}{x_1}}\right)}{\left(1-\dfrac{x}{x_1}\right)^k}+\mathfrak{F}_1(x),$$

où $\mathfrak{P}_q(x)$ désigne un polynome de x de degré q, k un nombre positif quelconque et $\mathfrak{F}_1(x)$ une fonction dont l'ordre en x_1 est moindre que k; l'ordre de grandeur de la représentation $\mathrm{U}(x)$ de cette fonction par la suite des fonctions entières $\mathcal{G}(x)=\sum_{n=0}^{\infty}b_n x^n$ est parfaitement déterminé par l'ex-

(¹) $(p)=p$ parenthèse.

(²) P. Dienes, Thèse : *Journal de Math.*, 1908, p. 407.

pression

$$(\alpha) \qquad \lim_{x=\infty} \frac{U(x)}{[f(x)]^k \{\log[f(x)]\}^q} = \text{const.},$$

où

$$f(x) \sim \frac{1}{p},$$

si nous désignons par p (1) l'ordre de la fonction $e^{g(n)}$.

La relation (α) nous donne une règle très simple pour déterminer la croissance de $U(x)$:

Désignons l'ordre de $U(x)$ et de $e^{g(n)}$ respectivement par r et p, et soit $\left(k + q\frac{1}{\omega}\right)$ l'ordre de la singularité, on a

$$r = \left(k + q\frac{1}{\omega}\right)\frac{1}{p}$$

puisque

$$\left(k + q\frac{1}{\omega}\right)\frac{1}{p} = k\frac{1}{p} + q\frac{1}{\omega}\frac{1}{p}.$$

Donc, *en multipliant l'ordre de la singularité par l'ordre de la fonction inverse de $e^{g(n)}$, on obtient l'ordre de* $U(x)$.

Une conséquence importante de la relation (α) est que *la correspondance entre la fonction et la représentation de la série examinée ne peut pas être complète* dans le sens que le degré d'infinitude des points singuliers algébrico-logarithmiques ne coïncide pas avec le degré d'infinitude de la représentation.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des fonctions harmoniques.* Note de M. J. **Le Roux**, présentée par M. Émile Picard.

J'ai déjà eu l'occasion d'indiquer comment on peut rattacher l'intégrale de Dirichlet aux formes quadratiques. La même méthode s'applique aussi à la démonstration de l'existence des fonctions harmoniques prenant des valeurs données sur la frontière d'un domaine, et même au calcul effectif de ces fonctions. Je me propose de signaler dans cette Note la forme des équations et des résultats auxquels on est conduit.

---

(1) p signifie un symbole quelconque de M. Borel. Voir *Leçons sur la théorie de la croissance*, Chap. I. Paris, Gauthier-Villars, 1910.

Considérons dans le plan des x, y une aire (D) limitée par un contour (C). Couvrons l'aire (D) d'un réseau de triangles formé en menant d'abord des droites équidistantes, parallèles aux axes de coordonnées et en coupant ensuite par une série de diagonales les carrés obtenus. Les triangles qui bordent la frontière seront irréguliers, mais cela ne modifie pas nos conclusions qui resteraient exactes pour tout réseau de triangles n'ayant pas d'angles obtus. Je ne m'occuperai d'ailleurs ici que de réseaux réguliers. Je suppose qu'à tout nœud M (x, y) du réseau on fasse correspondre une variable $z_{x,y}$. Chaque système de valeurs de ces variables détermine une fonction $u(x, y)$, qui, sur les nœuds, est égale à $z_{x,y}$ et qui à l'intérieur de chaque triangle est linéaire en x et y. La fonction $u(x, y)$ serait représentée par une surface polyédrale à facettes triangulaires.

Pour cette fonction, l'intégrale de Dirichlet étendue à l'aire (D)

$$J(u) = \iint \left[\left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial u}{\partial y}\right)^2 \right] dx\, dy$$

est égale à une forme quadratique des variables $z_{x,y}$. On a, en désignant par h la distance des parallèles successives,

$$J(u) = F(z) = \Sigma[(z_{x,y} - z_{x\pm h,y})^2 + (z_{x,y} - z_{x,y\pm h})^2].$$

Supposons données les valeurs des variables $z_{x,y}$ qui correspondent aux nœuds de la frontière, et cherchons à déterminer les autres variables de manière à rendre minima la forme quadratique positive $F(z)$. On aura, pour tout nœud intérieur, $\frac{\partial F}{\partial z_{x,y}} = 0$, c'est-à-dire

$$(1) \qquad z_{x,y} - \frac{1}{4}(z_{x-h,y} + z_{x+h,y} + z_{x,y-h} + z_{x,y+h}) = 0.$$

L'équation (1), dont la forme limite est évidemment l'équation de Laplace, met immédiatement en évidence une propriété importante : la valeur de $z_{x,y}$ est comprise entre la plus petite et la plus grande des quatre valeurs contiguës $z_{x\pm h,y}$, $z_{x,y\pm h}$. Ce résultat correspond évidemment à la propriété des fonctions harmoniques de n'avoir ni maximum ni minimum à l'intérieur du domaine (D).

Le discriminant de la forme $F(z)$ est nul, mais tous ses mineurs principaux sont différents de zéro, car cette forme positive ne s'annule que si toutes les valeurs des variables z sont égales entre elles.

Le système (1) peut donc être résolu quand on suppose données les valeurs des variables z à la frontière. Désignons par ξ, η les coordonnées

des nœuds de la frontière, par $\zeta(\xi, \eta)$ les valeurs correspondantes de z. La résolution du système (1) donne un résultat de la forme suivante, qui rappelle la formule de Poisson :

$$(2) \qquad z_{x,y} = \sum_{\xi,\eta} \alpha(x, y, \xi, \eta)\zeta(\xi, \eta).$$

Les coefficients $\alpha(x, y, \xi, \eta)$ sont tous positifs, et, quel que soit le nœud (x, y) intérieur au domaine, ils vérifient la relation fondamentale

$$\sum_{\xi,\eta} \alpha(x, y, \xi, \eta) = 1.$$

Je laisse de côté les rapprochements curieux qu'on peut établir entre les formules de Green et les propriétés des formes quadratiques.

Pour étudier d'une façon plus complète les solutions du système (1) au point de vue de la convergence et de la continuité, il est utile d'en connaître des solutions particulières. Si l'on cherche à satisfaire à l'équation aux différences (1) par des exponentielles de la forme

$$z_{x,y} = u^{\frac{x}{h}} v^{\frac{y}{h}},$$

on trouve que u et v doivent vérifier la relation

$$u + \frac{1}{u} + v + \frac{1}{v} - 4 = 0.$$

En posant

$$u + \frac{1}{u} - 2 = t^2, \qquad v + \frac{1}{v} - 2 = t'^2,$$

on a

$$t^2 + t'^2 = 0.$$

On est ainsi conduit à prendre

$$u = (\sqrt{1+t^2} + t)^2, \qquad v = (\sqrt{1-t^2} + it)^2.$$

De la solution obtenue

$$z_{x,y} = (\sqrt{1+t^2} + t)^{\frac{2x}{h}} (\sqrt{1-t^2} + it)^{\frac{2y}{h}},$$

on en déduit d'autres par des intégrations de la forme

$$\int f(t) (\sqrt{1+t^2} + t)^{\frac{2x}{h}} (\sqrt{1-t^2} + it)^{\frac{2y}{h}} dt,$$

où t peut prendre des valeurs quelconques, réelles ou imaginaires.

Comme solutions intéressantes je signale les polynomes, qu'on obtient facilement, et les exponentielles, auxquelles on peut donner une forme plus simple.

Posons $t = \sin\frac{\alpha h}{2}$ et déterminons un nombre β par l'égalité

$$\beta = \frac{2}{h}\log\left(\sqrt{1+\sin^2\frac{\alpha h}{2}} \pm \sin\frac{\alpha h}{2}\right);$$

on a alors

$$\left(\sqrt{1+t^2} \pm t\right)^{\frac{2x}{h}}\left(\sqrt{1-t^2}+it\right)^{\frac{2y}{h}} = e^{\beta x + i\alpha y}.$$

Lorsque h tend vers zéro, le rapport $\frac{\beta}{\alpha}$ tend vers ± 1.

Toute solution de l'équation aux différences (1), qui prend, aux nœuds de la frontière, les valeurs données ζ, prend également aux nœuds intérieurs au domaine (D) les valeurs des inconnues $z_{x,y}$.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de Jacobi.* Note de M. **Th. De Donder**, présentée par M. Appell.

I. Soient $\varphi_1, \ldots, \varphi_\alpha$, α invariants des n équations différentielles

$$(1) \qquad \frac{dx_1}{X_1} = \ldots = \frac{dx_n}{X_n} = dt;$$

$\varphi_1, \ldots, \varphi_\alpha, X_1, \ldots, X_n$ sont des fonctions de $x_1, \ldots, x_n$ et t.

Supposons qu'on puisse résoudre les équations

$$(2) \qquad \begin{cases} \varphi_1 = \varphi_1^*, \\ \ldots\ldots\ldots, \\ \varphi_\alpha = \varphi_\alpha^*, \end{cases}$$

par rapport à $x_1, \ldots, x_\alpha$, par exemple, en fonction des autres variables et des constantes *numériques* $\varphi_1^*, \ldots, \varphi_\alpha^*$; plus loin, nous poserons

$$\delta\varphi_1^* \equiv 0, \ldots, \delta\varphi_\alpha^* \equiv 0.$$

Pour que

$$(3) \qquad \underset{i_1\ldots i_\beta}{\mathrm{S}} N_{i_1\ldots i_\beta}\,\delta x_{i_1}\ldots\delta x_{i_\beta} \qquad \begin{cases} \beta \leqq n-\alpha, \\ i_1, \ldots, i_\beta = 1, \ldots, n, \end{cases}$$

soit un invariant intégral sur la variété invariante (2), ou encore, *pour*

que (3) *soit un invariant intégral du système réduit*

$$(4)\qquad \frac{dx_{\alpha+1}}{[X_{\alpha+1}]}=\ldots=\frac{dx_n}{[X_n]}=dt \quad (^1),$$

il faut et il suffit que

$$(5)\qquad \underset{i_1\ldots i_\beta}{S} N_{i_1\ldots i_\beta}\,\delta x_{i_1}\ldots\delta x_{i_\beta}\,\delta\varphi_1\ldots\delta\varphi_\alpha$$

soit un invariant intégral ($\alpha+\beta$)-*uple du système proposé* (1).

Ce théorème se démontre en considérant $\varphi_1^*, \ldots, \varphi_\alpha^*$ comme de nouvelles variables venant remplacer les variables $x_1, \ldots, x_\alpha$; l'hypothèse

$$\delta\varphi_1^* \equiv 0, \ \ldots, \ \delta\varphi_\alpha^* \equiv 0$$

est introduite ensuite, grâce au calcul symbolique propre à la théorie des invariants intégraux (²).

La forme de l'invariant (5) montre immédiatement que les conditions cherchées ne dépendent pas du choix des ($n-\alpha$) variables indépendantes au moyen desquelles on exprime la variété invariante (2).

II. Soit M un *multiplicateur* (de Jacobi) du système proposé (1). Il résulte du théorème précédent que

$$(6)\qquad \frac{M}{\dfrac{\partial(\varphi_1,\ldots,\varphi_\alpha)}{\partial(x_1,\ldots,x_\alpha)}}\,\delta x_{\alpha+1},\ \ldots,\ \delta x_n$$

est un invariant intégral du système réduit (4); dans (6), on a exprimé les $x_1, \ldots, x_\alpha$ en fonction de $x_{\alpha+1}, \ldots, x_n$ et t.

Le coefficient $M' \equiv M\left[\dfrac{\partial(\varphi_1,\ldots,\varphi_\alpha)}{\partial(x_1,\ldots,x_\alpha)}\right]^{-1}$ est un multiplicateur de (4); donc, si ce multiplicateur M′ est *indépendant de* t, l'expression

$$M'\sum_{\alpha+1}^{n}{}_i\,(-1)^i[X_i]\,\delta x_{\alpha+1}\ldots\delta x_{i-1}\,\delta x_{i+1}\ldots\delta x_n$$

est *une différentielle exacte* ($n-\alpha-1$)-uple (au sens de H. Poincaré).

(¹) Dans le système (4), les *crochets* servent à indiquer qu'on a remplacé $x_1, \ldots, x_\alpha$ par leurs valeurs en fonction des variables conservées $x_{\alpha+1}, \ldots, x_n$, t.

(²) Ce théorème se montre très utile dans l'étude des ensembles ergodiques ou microcanoniques : Voir L. Boltzmann, *Sitzungsberichte*, Wien, 1871, p. 679-711, et C. Maxwell, *Transactions Philos. Society*, Cambridge, t. XII, 1879, p. 547-570.

Si $\alpha = n - 2$, on retrouve le théorème de Jacobi, relatif au *dernier* multiplicateur.

III. M. Appell [1] a donné à ce théorème une forme *symétrique* par rapport aux variables $x_1, \ldots, x_n$, pour le cas où $n = 3$. Le théorème (I) permet de généraliser ce résultat élégant.

Ainsi, pour $\alpha = n - 2$, on trouvera que

$$\int_c \frac{M}{R^2} \begin{vmatrix} \partial x_1 & \ldots & \partial x_n \\ X_1 & \ldots & X_n \\ \frac{\partial \varphi_1}{\partial x_1} & \ldots & \frac{\partial \varphi_1}{\partial x_n} \\ \ldots & \ldots & \ldots \\ \frac{\partial \varphi_{n-2}}{\partial x_1} & \ldots & \frac{\partial \varphi_{n-2}}{\partial x_n} \end{vmatrix} = 0$$

pour toute courbe *fermée c* prise sur la variété invariante (2); R^2 représente la somme des carrés des jacobiens de $\varphi_1, \ldots, \varphi_{n-2}$ par rapport aux variables $x_1, \ldots, x_n$ prises $(n-2)$ à $(n-2)$.

On a supposé que M, $\varphi_1, \varphi_2, \ldots, \varphi_{n-2}$ ne renferment pas t explicitement.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination des problèmes d'Hydrodynamique relatifs à la résistance des fluides.* Note de M. **Henri Villat**, présentée par M. Émile Picard.

Je me propose d'indiquer ici une conséquence, sans doute importante, de mes dernières recherches sur les mouvements des fluides parfaits en présence d'obstacles solides. On sait que les équations de l'Hydrodynamique pour l'état permanent donnent, quand on impose partout dans le fluide la continuité des vitesses et des pressions, des solutions inacceptables : la pression obtenue devient généralement infinie négative en quelque endroit, et reste négative dans des régions étendues. L'introduction des surfaces de discontinuité a permis, comme il est maintenant bien connu, de trouver dans des cas nombreux une solution échappant à cette difficulté.

Cette solution est-elle unique? En d'autres termes, les équations du mouvement permanent d'un fluide irrotationnel en présence d'un obstacle

(1) P. Appell, *Comptes rendus*, Paris, le 4 novembre 1912.

donné, ont-elles une solution bien déterminée, pour laquelle les vitesses soient continues presque partout (exception faite peut-être pour quelques surfaces de discontinuité) et pour laquelle la pression soit continue et partout positive? On suppose connue (en grandeur et direction) la vitesse du courant fluide à l'infini, et l'on donne la pression en un point (par exemple à l'infini).

Cette question doit être résolue par la négative, ainsi que l'a déjà pressenti M. Boussinesq, qui signalait le fait comme probable dans un récent Mémoire. *Les équations de l'Hydrodynamique peuvent avoir plus d'une solution de la nature indiquée;* j'ai déterminé une infinité de cas généraux où il en existe au moins deux, acceptables au même titre du point de vue physique. Je vais indiquer brièvement ci-dessous une catégorie de tels cas, relatifs à des mouvements plans.

Le courant fluide arrivant dans le sens positif de l'axe Ox avec la vitesse *un*, je considère le solide formé de deux lames rectilignes inclinées sur cette axe de deux angles donnés $\delta \pm \alpha$; *je suppose* $\alpha > \frac{\pi}{2}$, et δ assez petit pour que le courant pénètre dans la concavité de l'obstacle. Ceci posé, on obtient une première solution en appliquant intégralement les résultats de M. T. Levi-Cività (¹), en prenant pour la fonction arbitraire ω

$$\omega = \frac{i}{\pi}(\delta - \alpha)\log\frac{\zeta e^{is_0} - 1}{e^{is_0} - \zeta} + \frac{i}{\pi}(\delta - \alpha + \pi)\log\frac{(\zeta e^{is_1} - 1)(e^{is_0} - \zeta)}{(e^{is_1} - \zeta)(\zeta e^{is_0} - 1)} + \frac{i}{\pi}(\delta + \alpha)\log\frac{e^{is_1} - \zeta}{\zeta e^{is_1} - 1}.$$

Les constantes seront liées par la relation

$$s_0 - s_1 = \delta + \alpha\left(1 - 2\frac{s_1}{\pi}\right).$$

Il est facile de s'assurer que la solution ainsi construite est valable et fournit pour la pression une valeur partout positive.

Partons maintenant de la fonction suivante [que j'ai déjà considérée dans une Note récente, à propos d'une question voisine de la question

(¹) T. Levi-Cività, *Scie e leggi di resistenza* (*Circolo di Palermo*, 1907). Je conserve dans les lignes suivantes les notations de ce Mémoire, à part le changement de σ_0 en s_0.

actuelle ([1])] :

$$\Omega(t) = i\log\frac{\sigma\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log t - \frac{\omega_1}{\pi}s_0\right)}{\sigma\left(\frac{\omega_1}{i\pi}\log t + \frac{\omega_1}{\pi}s_0\right)} + \left(\frac{2\eta_1\omega_1}{\pi^2}s_0 + \frac{\log v_1}{\pi}\right)\log t + \pi - \alpha - \delta,$$

où σ est la fonction de Weierstrass construite au moyen des demi-périodes ω_1 et ω_3 ; et, entre les constantes s_0, v_1, ω_1, ω_3, imposons-nous, en plus des trois conditions énoncées explicitement dans la Note rappelée ([2]), la condition supplémentaire suivante :

$$\zeta_1\left(\frac{\omega_1}{\pi}s_0\right) - \frac{\eta_1}{\pi}s_0 - \frac{\log v_1}{2\omega_1} = 0.$$

dans laquelle ζ_1 est la fonction elliptique connue.

Sous ces conditions, *qui ne sont pas incompatibles*, on peut établir une nouvelle solution du problème : Le fluide mobile dans le plan $z = x + iy$, correspond à la demi-couronne supérieure $e^{-\frac{\pi\omega_3}{i\omega_1}} < |t| < 1$, d'un plan t, par les relations

$$f = a\left[\frac{2e_1^2 + e_2e_3 - \left(\wp\frac{i\gamma}{2} - e_1\right)^2}{\wp'\frac{i\gamma}{2}} - \frac{1}{2}\,\frac{\wp'\left(\frac{\omega_1}{\pi}\log t + \frac{i\gamma}{2} - \omega_3\right) + \wp' i\gamma}{\wp\left(\frac{\omega_1}{\pi}\log t + \frac{i\gamma}{2} - \omega_3\right) - \wp i\gamma}\right]^2$$

et

$$\frac{df}{dz} = e^{i\Omega(t)}.$$

Pour des valeurs de δ comprises entre certaines limites, la solution ainsi obtenue est aussi acceptable et donne des pressions partout positives. Or, on peut démontrer qu'*il est possible de choisir les constantes dans les deux solutions ci-dessus, de façon qu'elles fournissent identiquement le même obstacle*, les deux lames ayant même longueur et même orientation dans les deux cas.

Rien ne permet actuellement de dire quelle est, de ces deux solutions, celle qui fournit, pour le mouvement véritable, l'approximation la plus

---

([1]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1693.

([2]) *Comptes rendus*, t. 154, p. 1694. Je profite de l'occasion pour rectifier une erreur typographique : au premier membre de la première condition, il faut lire $\wp\frac{\omega_1}{\pi}s_0$ et non $\gamma\frac{\omega_1}{\pi}s_0$.

grande. Il est probable que, seules, des considérations de viscosité ou de stabilité pourraient permettre le meilleur choix. Cette recherche nécessiterait sans doute des progrès importants concernant l'étude du mouvement non permanent des fluides en présence d'obstacles donnés. Et l'existence possible de plusieurs mouvements permanents, pour une même configuration d'obstacle, n'est pas de nature à simplifier cette étude.

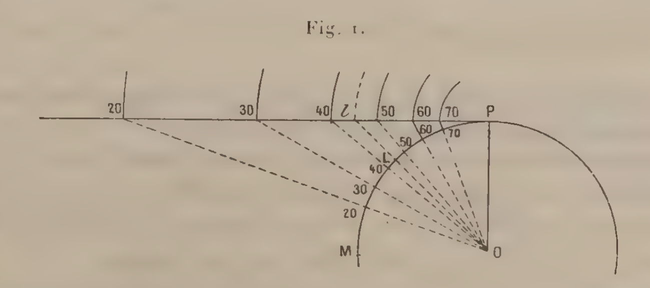
NAVIGATION. — *Tracé et usage des cartes pour la navigation orthodromique construites sur les plans tangents aux pôles*. Note de M. **Gernez**, présentée par M. Hatt.

A. Principe et construction de ces cartes :

Si l'on joint le centre de la sphère terrestre aux points de sa surface et si l'on prolonge les rayons ainsi déterminés jusqu'au plan tangent à un pôle, on obtient sur ce plan une carte où tous les grands cercles de la sphère sont représentés par des droites (intersections du plan tangent par les plans de ces grands cercles qui contiennent tous le centre).

Les méridiens sont projetés suivant des droites concourantes au pôle et formant entre elles des angles égaux aux différences de leurs longitudes.

Fig. 1.



Les parallèles de latitude sont représentés par des cercles concentriques (intersections du plan de la carte par des cônes circulaires droits ayant pour sommet commun le centre de la sphère et pour directrices les cercles des parallèles de latitude de la sphère). Le rayon de chaque cercle étant proportionnel à la tangente de la colatitude augmente à mesure qu'on s'éloigne du pôle; le rayon de l'Équateur est infini, aussi l'Équateur ne peut-il être tracé sur ces cartes.

Pour déterminer pratiquement les rayons des parallèles de latitude, on trace un cercle O de rayon ρ et la tangente en P (*fig.* 1). L'arc MP étant divisé en degrés de

o à 90, on mène les rayons tels que OL jusqu'à leurs rencontres l avec la tangente en P. Pl est, sur la carte, le rayon du cercle de latitude L. On peut faire varier la grandeur de la carte en changeant le rayon ρ.

B. Résolution des problèmes de la navigation orthodromique :

1° Pour tracer la route orthodromique, on joint par une droite le point de départ et le point d'arrivée. On détermine la position sur la carte du vertex (point de l'arc de grand cercle dont la latitude est la plus élevée) en abaissant du pôle la perpendiculaire sur la droite représentant l'arc de grand cercle.

Si l'on ne veut pas dépasser une latitude L (*fig.* 2), on trace sur la carte le parallèle

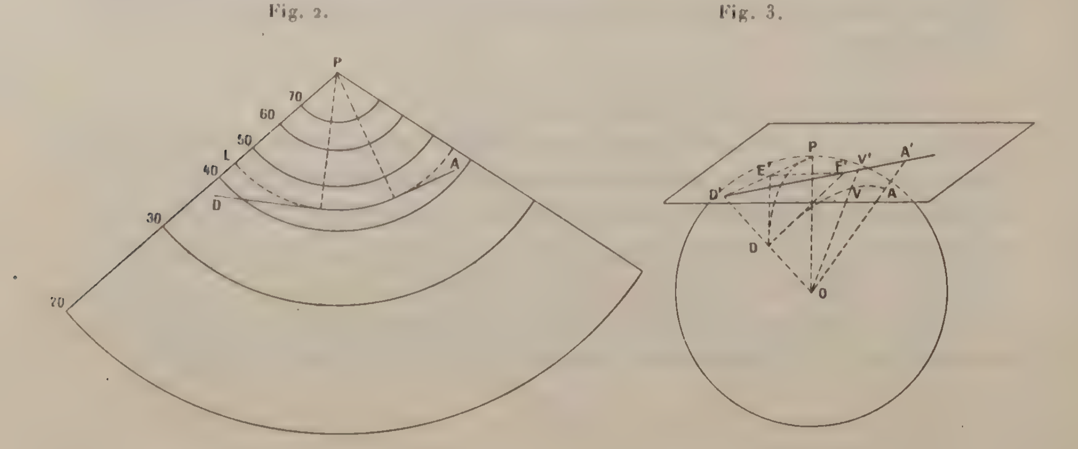


Fig. 2. Fig. 3.

de latitude L; les tangentes à ce cercle menées du point de départ et du point d'arrivée représentent les parties orthodromiques de la route mixte.

2° Pour évaluer la distance orthodromique entre les deux points D et A *de la sphère*, connaissant D'A' *de la carte* (*fig.* 3), l'arc DA ayant même mesure que l'angle compris entre les côtés OD et OA, on construit à l'échelle de la carte le triangle D'A'O et l'on mesure l'angle $\widehat{D'OA'}$ de la façon suivante :

Chaque carte porte le cercle qui a servi à la construire, avec la tangente au pôle P. L étant la latitude du vertex, sur le cercle de construction de la carte on trace le rayon joignant O et la division L (*fig.* 4) jusqu'à sa rencontre v avec la tangente en P. Lv représente *à l'échelle de la carte* la distance VV' de la figure 3. De v on élève la perpendiculaire à Ov, et l'on porte sur cette droite les longueurs vd et va égales à V'D' et V'A' *de la carte*. On mène les droites Od et Oa ; le rapporteur donne alors la valeur de l'angle $\widehat{dOa}$ et, par suite, en minutes, c'est-à-dire en milles marins la distance orthodromique cherchée.

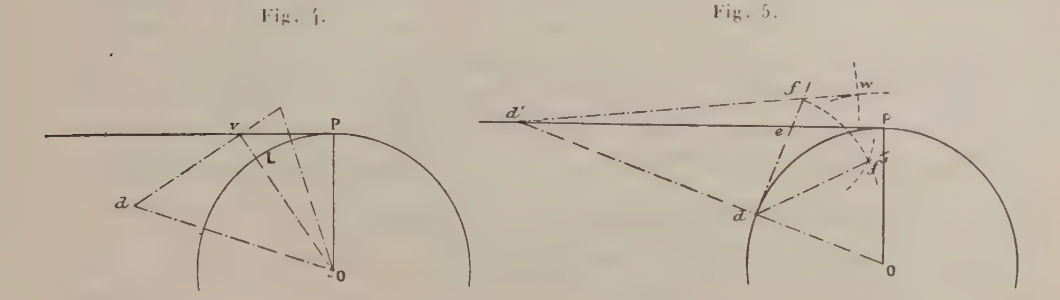
3° Déterminer l'angle de route initial, angle de DE' tangente en D au méridien et de DF' tangente en D à l'arc de grand cercle (*fig.* 3). La droite DE' coupe le plan de la carte en E' sur PD'; la droite DF' coupe ce plan en F' sur D'V'; menons E'F' :

l'angle $\widehat{D}$ du triangle DE′F′ étant l'angle de route cherché, on construit ce triangle de la façon suivante, à l'aide de ses trois côtés :

Sur le cercle de construction de la carte (*fig.* 5), on mène par *d*, latitude du point de départ D, le rayon O*d* jusqu'à sa rencontre en *d′* avec la tangente en P, et en *d* on élève la perpendiculaire à O*d′*, elle rencontre en *e* la tangente en P. *de* est, *à l'échelle de la carte*, la longueur DE′ de la figure 3.

De O comme centre, avec O*v* déjà trouvé (*fig.* 4) comme rayon, on décrit un arc

Fig. 4. Fig. 5.



de cercle; de *d′* comme centre, avec un rayon égal à D′V′ *mesuré sur la carte*, on décrit un arc de cercle; ces deux arcs de cercles se coupent en *w*. On joint *d′w*; le point *f* où *de* coupe *d′w* correspond au point F′, et *df* est, *à l'échelle de la carte*, la longueur DF′ de la figure 3.

Portant alors *sur la carte* la longueur *wf* sur V′D′ et la longueur P*e* à partir du pôle sur le méridien du point de départ, on joint *ef sur la carte;* cette droite est le côté E′F′ de la figure 3.

De *d* comme centre, avec *df* pour rayon, on trace un arc de cercle; de *e* comme centre, avec *ef trouvé sur la carte* pour rayon, on trace un arc de cercle; ces deux arcs de cercles se coupent en *f′*; on joint *f′d* : l'angle de route cherché est l'angle $\widehat{f'de}$. On le mesure au rapporteur, et la carte indique clairement comment il faut le compter.

MÉCANIQUE. — *Sur la déformation des ondes dans les gaz et sur les interférences finies.* Note (¹) de M. L. Crussard, présentée par M. L. Lecornu.

Soit un gaz parfait, pression P, volume spécifique V, vitesse du son $S = \sqrt{\gamma PV}$, γ étant le rapport, supposé constant, des chaleurs spécifiques.

(¹) Présentée dans la séance du 3 février 1913.

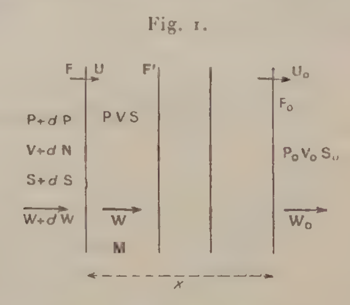
La loi ordinaire des modifications adiabatiques peut évidemment s'écrire

$$(1) \qquad SV^{\alpha} = \text{const.},$$

en posant $2\alpha = \gamma - 1$.

Ceci posé, proposons-nous de voir comment se déforme, dans sa propagation, une onde plane continue qui traverse ce gaz. Décomposons cette onde en tranches infiniment petites, et soit F le front devant lequel, à

Fig. 1.



l'instant t, sont réalisés l'état PVS et la vitesse W. La tranche qui suit F porte, dans la précédente, un ébranlement infiniment petit qui se propage donc avec la vitesse S; ainsi F chemine d'un mouvement uniforme avec la vitesse S par rapport au milieu PVS, et avec la vitesse absolue $U = S + W$.

Tout revient donc à la connaissance de S. L'équation de continuité donne visiblement

$$V\,dW + S\,dV = 0;$$

mais, d'après (1),

$$V\,dS + \alpha S\,dV = 0;$$

donc

$$dS = \alpha\,dW$$

et, par suite,

$$(2) \qquad S - S_0 = \alpha(W - W_0)$$

ou, en posant $\beta = \frac{\gamma + 1}{2}$,

$$(3) \qquad U - U_0 = \beta(W - W_0).$$

Ceci dit, la structure de l'onde à l'époque t sera commodément définie par la distance $x = f(W)$ qui sépare chaque front F du front initial F_0, ou mieux encore par l'*échelonnement* $e = \frac{dx}{dW}$. En affectant de l'indice o les x et les e initiaux, on a donc

$$x = x_0 + (U_0 - U)t = x_0 - \beta(W - W_0)t$$

et

(4) $$e = e_0 - \beta t.$$

L'équation (4) résout la question de déformation. En particulier :

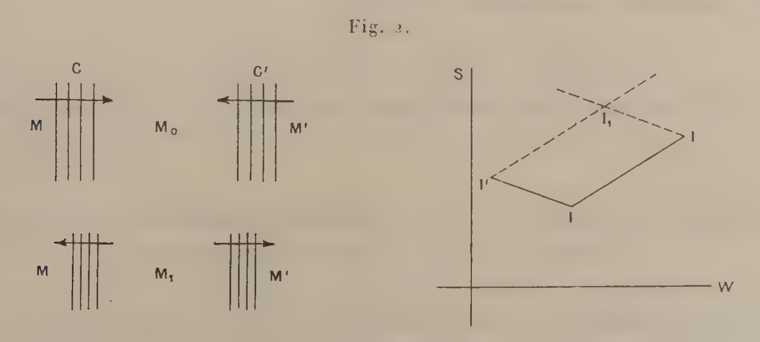
1° Une onde à échelonnement originellement uniforme conserve ce caractère ; le front va se raidissant jusqu'à l'époque $t = \frac{e_0}{\beta}$, où tous les fronts F se rejoignent en même temps [1].

2° D'une façon générale, l'onde continue donne tôt ou tard naissance à une onde de choc. Cette circonstance se présente quand deux fronts voisins F et F' se rejoignent, c'est-à-dire quand e s'annule. L'onde de choc fait donc son apparition dans la tranche F pour laquelle l'échelonnement originel e_0 est minimum, et ceci à l'époque $\frac{e_0}{\beta}$. Ainsi une onde à échelonnement croissant (e croissant avec x) se raidit par la tête F_0 ; dans une onde à échelonnement décroissant, l'onde de choc naît à la queue.

Interférences finies. — L'équation (2) permet de voir ce que devient la règle classique des interférences dans le cas d'ébranlements finis.

Usons pour cela d'une représentation graphique, et figurons l'état du

Fig. 2.



milieu M, en avant de F, par un point I d'abscisse W et d'ordonnée S. Si I_0 représente le milieu initial $M_0(W_0 S_0)$, tout état M réalisé par le passage d'une onde continue sera figuré par un point I situé [d'après l'équation (2)] sur une droite $I_0 I$ de coefficient angulaire α. De même, une onde

(1) La question a été traitée par Hugoniot, *Journ. Éc. Polyt.*, 58e cahier, mais comme Hugoniot prend, pour définir l'onde, non sa structure originelle, mais le mouvement d'un piston capable de l'engendrer, la simplicité de cette structure s'en trouve masquée. J'apprends, au contraire, qu'elle a été signalée par lord Rayleigh.

cheminant dans M_0 et en sens inverse réaliserait des états M′ représentés par une droite symétrique $I_0 I'$.

Cette remarque préliminaire faite, on peut résoudre la question des interférences. Deux ondes C, C′ marchent l'une vers l'autre dans un milieu M_0 qu'elles amènent respectivement aux états M et M′; elles se rejoignent, se traversent; les ondes élémentaires qui les constituent se rencontrent entre elles et ces rencontres, se faisant suivant les lois données par Hugoniot, laissent finalement le milieu dans un nouvel état M_1 qu'il s'agit de déterminer.

La solution est immédiate; écrire (géométriquement) que M_1 est réalisé par propagation vers la droite à partir de M′ et vers la gauche à partir de M revient, en effet, à placer le point I_1, représentatif de M_1, au quatrième sommet du parallélogramme $II'I_0$. Conséquemment :

1° L'accroissement de vitesse dans M_1 est la somme algébrique des accroissements de vitesses de M et M′

$$(W_1 - W_0) = (W - W_0) + (W' - W_0).$$

Cette formule a été déjà donnée par M. Taffanel.

2° L'accroissement de vitesse du son depuis M_0 est la somme algébrique des accroissements que portent M et M′

$$S_1 - S_0 = (S - S_0) + (S' - S_0).$$

Les réflexions sur fond fermé ou ouvert s'en déduisent immédiatement.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur un problème important dans la Physique cosmique.* Note de M. **Carl Störmer**.

Nous allons donner quelques résultats nouveaux sur le problème envisagé dans ma Note du 25 novembre 1912, à savoir : « Trouver le mouvement d'un corpuscule électrisé dans le champ d'un aimant élémentaire, en supposant que le corpuscule soit soumis aussi à l'action d'une force centrale émanant de l'aimant et inversement proportionnelle au carré de la distance. »

En plaçant l'aimant à l'origine avec son axe coïncidant avec l'axe des z, j'avais trouvé [1] pour les coordonnées semipolaires R, z et φ du corpuscule

[1] Voir ma Note : *La structure de la couronne du Soleil dans la théorie d'Arrhenius* (*Comptes rendus* du 6 mars 1911).

les équations

$$
(\mathrm{I}) \quad \left\{
\begin{aligned}
&\frac{d\varphi}{dt} = \frac{C}{R^2} - \frac{aM}{r^3},\\
&\frac{d^2R}{dt^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial R}, \qquad \frac{d^2z}{dt^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial Q}{\partial z}, \qquad \left(\frac{dR}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2 = Q,
\end{aligned}
\right.
$$

où

$$
Q = C_1 - \frac{2bm}{r} - \left(\frac{C}{R} - \frac{aMR}{r^3}\right)^2,
$$

t étant le temps, a, b, M et m des constantes caractéristiques des forces et de la nature du corpuscule, et C et C_1 étant des constantes d'intégration. Quant au produit aM nous supposons l'orientation de l'axe des z choisie de manière qu'il soit positif.

Pour discuter le système (I) et en déduire par exemple les parties d'espace en dehors desquelles chaque trajectoire ne puisse sortir, il est essentiel de réduire le nombre des constantes autant que possible. Nous allons voir qu'en posant

$$
R = \alpha R_1, \qquad z = \alpha z_1, \qquad r = \alpha r_1 \qquad \text{et} \qquad t = \beta\tau,
$$

où α et β sont des constantes convenablement choisies, on réduira le système (I) au suivant :

$$
\frac{d\varphi}{d\tau} = U
$$

$$
\frac{d^2R_1}{d\tau^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial Q_1}{\partial R_1}, \qquad \frac{d^2z_1}{d\tau^2} = \frac{1}{2}\frac{\partial Q_1}{\partial z_1}, \qquad \left(\frac{dR_1}{d\tau}\right)^2 + \left(\frac{dz_1}{d\tau}\right)^2 = Q_1 + h,
$$

h étant constante et ici la fonction Q_1 contient seulement une constante et la fonction U aucune.

En effet, on y arrive en posant :

1° Si $C > 0$:

$$
\alpha = \frac{aM}{C}, \qquad \beta = \frac{a^2M^2}{C^3}, \qquad h = \frac{a^2M^2}{C^4}C_1, \qquad U = \frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{r_1^3},
$$

$$
Q = -\frac{D}{r_1} - \left(\frac{1}{R_1} - \frac{R_1}{r_1^3}\right)^2
$$

avec

$$
D = 2\frac{aM\,bm}{C^3};
$$

2° Si $C = -\Gamma$, $\Gamma > 0$:

$$
\alpha = \frac{aM}{\Gamma}, \qquad \beta = \frac{a^2M^2}{\Gamma^3}, \qquad h = \frac{a^2M^2}{\Gamma^4}C_1, \qquad U = -\frac{1}{R_1^2} - \frac{1}{r_1^3},
$$

$$
Q_1 = -\frac{D}{r_1} - \left(\frac{1}{R_1} + \frac{R_1}{r_1^3}\right)^2
$$

avec

$$D = 2\frac{a\mathrm{M}\,bm}{\Gamma^3};$$

3° Si $C = 0$:

$$\alpha = (a\mathrm{M})^{\frac{2}{3}}(2|bm|)^{-\frac{1}{3}}, \qquad \beta = \frac{a\mathrm{M}}{2|bm|}, \qquad h = (a\mathrm{M})^{\frac{2}{3}}(2|bm|)^{-\frac{4}{3}}C_1,$$

$$U = -\frac{1}{r_1^3}, \qquad Q_1 = \pm\frac{1}{r_1} - \frac{R_1^2}{r_1^6},$$

le signe + à choisir, si $bm > 0$; le signe −, si $bm < 0$.

Cela posé, on obtient une idée très suggestive de la forme des courbes

$$R_1 = R_1(\tau), \qquad z_1 = z_1(\tau)$$

et par là des trajectoires dans l'espace en étudiant les lignes de niveau $Q_1 =$ const. et *en interprétant* R_1 *et* z_1 *comme les coordonnées cartésiennes d'un point matériel de masse* 1 *se mouvant dans le champ de force définie par la fonction de force* $\frac{1}{2}Q_1$.

La construction graphique des lignes de niveau $Q_1 =$ const. est facile, ces lignes étant les courbes diagonales pour les réseaux de courbes :

$$r_1 = \frac{D}{\lambda}, \qquad \frac{1}{R_1} - \frac{R_1}{r_1^3} = \sqrt{\mu} \qquad \text{dans le cas 1°},$$

$$r_1 = \frac{D}{\lambda}, \qquad \frac{1}{R_1} + \frac{R_1}{r_1^3} = \sqrt{\mu} \qquad \text{dans le cas 2°},$$

et

$$r_1 = \frac{1}{\lambda}, \qquad \frac{R_1}{r_1^3} = \sqrt{\mu} \qquad \text{dans le cas 3°},$$

λ et μ étant des constantes auxquelles on donne une série de valeurs équidistantes et avec même intervalle.

Quant à la discussion théorique des lignes de niveau, il est surtout important de trouver leurs points doubles (ξ, η), c'est-à-dire *les points d'équilibre* dans l'interprétation mécanique adoptée. Ils correspondent précisément aux trajectoires circulaires, dont j'ai démontré l'existence dans un Mémoire paru en 1907 [1]. Aux environs d'un point d'équilibre on aura

$$Q_1 + h = A'(R_1 - \xi)^2 + B'(R_1 - \xi)(z_1 - \eta) + C'(z_1 - \eta)^2,$$

et en déterminant A', B' et C' on trouve les conditions de stabilité du mouvement autour du point d'équilibre, ce qui donne des renseignements correspondants sur les

[1] *Sur un problème relatif au mouvement des corpuscules électriques dans l'espace cosmique* (*Videnskabsselskabets Skrifter*, Christiania, 1907).

trajectoires aux environs des trajectoires circulaires dans l'espace. On arrive alors aux résultats suivants :

Premier cas. — Points d'équilibre $(\xi, 0)$ auxquels correspondent

$$D = -2\xi^{-1} + 6\xi^{-2} + 4\xi^{-3}, \qquad h = -\xi^{-2} + 4\xi^{-3} - 3\xi^{-4},$$
$$A' = -\xi^{-4} + 6\xi^{-5} - 6\xi^{-6}, \qquad B' = 0, \qquad C' = -\xi^{-4} + \xi^{-6};$$

donc stabilité, si $1 < \xi < 3 - \sqrt{3}$ et si $\xi > 3 + \sqrt{3}$; instabilité, si $0 < \xi < 1$ et si $3 - \sqrt{3} < \xi < 3 + \sqrt{3}$.

Deuxième cas. — D'abord points d'équilibre $(\xi, 0)$ auxquels correspondent

$$D = -2\xi^{-1} - 6\xi^{-2} - 4\xi^{-3}, \qquad h = -\xi^{-2} - 4\xi^{-3} - 3\xi^{-4},$$
$$A' = -\xi^{-4} - 6\xi^{-5} - 6\xi^{-6}, \qquad B' = 0, \qquad C' = -\xi^{-4} + \xi^{-6};$$

donc stabilité, si $\xi > 1$; instabilité, si $0 > \xi < 1$.

En outre, des points d'équilibre $\xi = \cos^3\omega$, $\eta = \cos^2\omega \sin\omega$, ω étant un angle entre $-\frac{\pi}{2}$ et $+\frac{\pi}{2}$, auxquels correspondent

$$D = 12\cos^{-4}\omega, \qquad h = 8\cos^{-6}\omega,$$
$$A' = -21\cos^{-8}\omega + 12\cos^{-10}\omega - 4\cos^{-12}\omega,$$
$$B' = (-42\cos^{-9}\omega + 12\cos^{-11}\omega)\sin\omega,$$
$$C' = -21\cos^{-10}\omega\sin^2\omega;$$

comme ici $B'^2 - 4A'C'$ est égal à $-192\cos^{-22}\omega\sin^2\omega$, on aura stabilité, si le point n'est pas situé sur les axes de coordonnées.

Troisième cas. — Point d'équilibre $\xi = \sqrt[3]{4}$, $\eta = 0$, auquel correspond le signe + dans la formule donnant Q_1 et ensuite

$$h = -\frac{3}{8}\sqrt[3]{2}, \qquad A' = -\frac{3}{8}, \qquad B' = 0, \qquad C' = \frac{1}{16};$$

donc instabilité.

On en tire pour les trajectoires dans l'espace une série de conséquences intéressantes. On aura, par exemple, aux environs des trajectoires circulaires correspondant à des points d'équilibre, d'autres trajectoires qui ne sortent pas des espaces toroïdes fermés si l'on a stabilité ou qui s'approchent asymptotiquement du cercle en question dans le cas d'instabilité; en particulier, si $c > 0$ et $3 - \sqrt{3} < \xi < 3 + \sqrt{3}$, ces dernières sont situées dans le plan équatorial de l'aimant comme je l'ai déjà montré pour le cas $bm = 0$, en 1907 [1]. Enfin il y a une grande variété de trajectoires périodiques et asymptotiques.

---

[1] Voir mon Mémoire *Sur l'aurore boréale, etc.*, dans les *Archives des Sciences physiques et naturelles*, Genève, 1907 (§ 20).

ÉLECTRICITÉ. — *L'inscription des signaux hertziens de l'heure. Possibilité d'inscrire directement et de déterminer sans calcul et au centième de seconde près l'heure envoyée par la Tour Eiffel.* Note [1] de M. **Albert Turpain.**

En mai 1910, au début de l'émission des signaux hertziens de l'heure, alors que pendant la période d'essai ils furent envoyés à 8^h30^m du soir (du 9 au 22 mai 1910), j'ai pu enregister par la photographie les signaux hertziens de la Tour.

Le dispositif [2] employé donne les graphiques joints à cette Communication (*fig.* 1) de sensibilité telle qu'un courant de $0^{\mu\alpha},25$ produit un déplacement appréciable de la plume d'inscription.

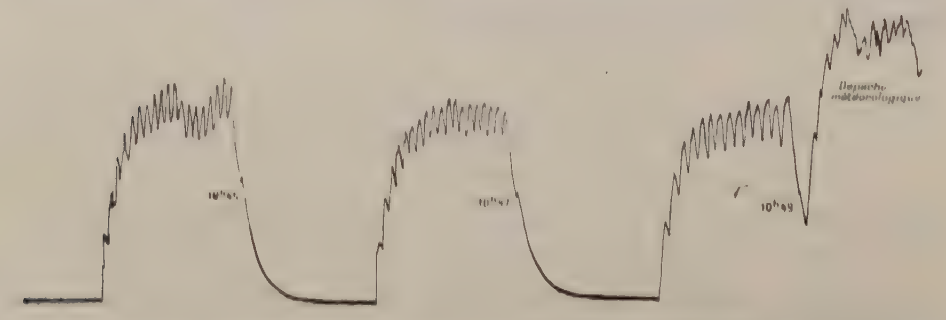


Fig. 1. — Inscription photographique des signaux de l'heure obtenus à Poitiers (300^{km} de la Tour Eiffel). Le cylindre inscripteur fait un tour en 6 minutes et demie. Les déplacements du spot atteignent 8^{cm} et 10^{cm}.

En disposant en batterie entre l'antenne et la terre cinq à six pointes électrolytiques ou des détecteurs à cristaux, on peut, au moyen d'un microampèremètre enregistreur très sensible ($0^{\mu\alpha},25$ déplace la plume d'inscription), obtenir des signaux de l'heure extrêmement nets. Ces inscriptions faites à Poitiers, à 300^{km} de la Tour, remontent à décembre 1911.

Cependant j'acquis la conviction que j'atteignais à peu près ainsi la limite de ce que le microampèremètre-enregistreur pouvait fournir. Je revins donc à l'enregistreur photographique en employant concurremment un galvanomètre à cadre et un galvanomètre à corde.

Dans une première série d'expériences je me suis proposé d'inscrire les

---

[1] Reçue dans la séance du 27 janvier 1913.

[2] *Comptes rendus*, 28 mai 1912.

signaux de l'heure à – de seconde près. C'est tout ce que l'on peut espérer obtenir puisque le signal de l'heure présente lui-même cette durée.

Il s'agissait d'autre part de comparer à l'heure reçue celle d'un chronomètre muni ou non d'un contact électrique (chronomètre-chronographe de Fénon). Les secondes du chronomètre sont inscrites au moyen d'un milliampèremètre enregistreur inséré dans un circuit que ferme les battements du chronomètre. L'aiguille du milliampèremètre porte à l'extrémité, au lieu de plume, une lampe électrique minuscule (lampe d'épingle de cravate, 2 volts) enserrée dans un léger fourreau d'aluminium qui retient également un fragment de tube de verre (diamètre 9^{mm}) jouant le rôle de lentille. La lumière se trouve ainsi concentrée sur le papier de l'inscripteur photographique qui se déroule abrité par un cylindre opaque, à quelques millimètres de l'aiguille. Une fente laisse pénétrer le faisceau de lumière inscrivant les secondes du chronomètre. L'aiguille du milliampèremètre, munie de la source lumineuse qu'elle porte, se déplace sans frotter, à 1^{mm} ou 2^{mm} à peine de la fente. Parallèlement, le spot lumineux du galvanomètre à cadre ou du galvanomètre à corde inscrit les signaux de l'heure, signaux avancés et tops.

Comme le montrent les graphiques ainsi obtenus (*fig.* 2) et joints à cette

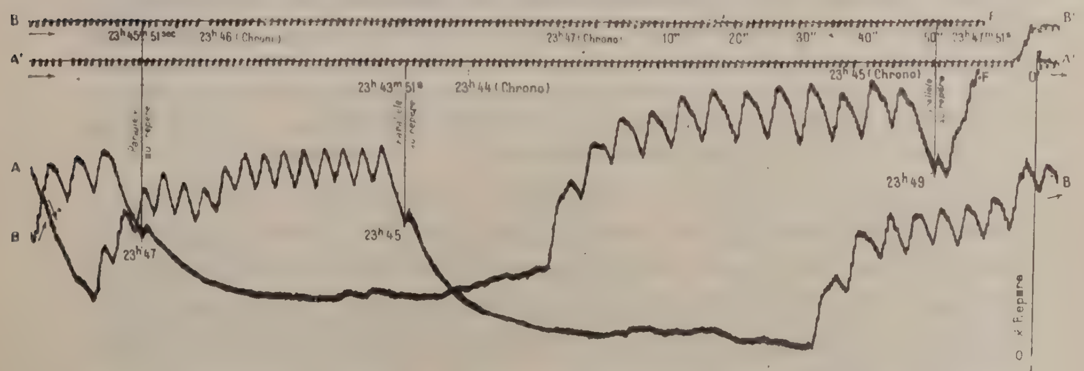


Fig. 2. — Comparaison de l'heure d'un chronomètre-chronographe Fénon aux signaux de l'heure envoyés par la Tour Eiffel. Inscriptions faites à Poitiers à 300^{km} de la Tour Eiffel. Le cylindre inscripteur fait un tour en 154 secondes. Tracé des signaux de l'heure : OAABBF. — Tracé des secondes successives du chronomètre : O'A'A'B'B'F'. Un peu avant $23^h 47^m$ on a brusquement déplacé le cylindre inscripteur suivant son axe pour permettre l'inscription sans confusion des trois signaux de l'heure. Entre $23^h 49^m$ et F s'aperçoit le début de la dépêche relative aux centièmes de seconde des tops radiotélégraphiques de $23^h 30^m$. A $\frac{1}{5}$ de seconde près le chronomètre étudié retarde de $1^m 9^s$.

Communication, on inscrit l'heure de la Tour et l'on y compare le chronomètre, situé à 300^{km} de Paris, avec une précision de $\frac{1}{5}$ de seconde.

Dans une seconde série d'expériences, je me suis proposé de faire servir les 180 tops radiotélégraphiques envoyés chaque nuit, vers $23^h 30^m$ par la Tour, avec un intervalle de $(1 - \frac{1}{50})$ de seconde, à la comparaison de l'heure du chronomètre à celle envoyée, au $\frac{1}{100}$ de seconde près.

La méthode des coïncidences, qui permet de déduire cette détermination de l'audition simultanée des tops radiotélégraphiques et des battements du chronomètre à comparer, réalise à vrai dire une sorte de vernier du temps, vernier pour les secondes.

L'application du dispositif que je viens de décrire à l'inscription des 180 tops radiotélégraphiques permet de traduire, par l'inscription photographique, ce vernier pour les secondes en un véritable vernier des longueurs. Que l'on compare l'inscription des 180 tops à l'inscription parallèle des secondes du chronomètre et les coïncidences se trouveront marquées comme lorsqu'on regarde une règle divisée et la position de son vernier. Sans s'astreindre à la détermination de la coïncidence auditive, forcément fugace et qui ne laisse pas de trace, on pourrait donc appliquer la méthode actuellement en usage et pour laquelle se fait chaque nuit l'envoi des 180 tops, en lisant à loisir le graphique photographique formant vernier. Mais cette opération n'est même pas nécessaire. L'Observatoire de Paris transmet chaque nuit, après les signaux de l'heure, les heures corrigées du 1er et du 180e top, cela au $\frac{1}{100}$ de seconde près. Il suffit dès lors d'inscrire parallèlement le 1er top et la seconde au cours de laquelle il se trouve envoyé. Si l'inscription photographique a lieu à une vitesse suffisante (l'emploi de films de cinématographe ou de pellicule kodak permet de défiler un décimètre à la seconde), on peut situer le top dans la seconde à un millimètre près, c'est-à-dire à $\frac{1}{100}$ de seconde près. Une vérification immédiate s'obtient d'ailleurs en inscrivant le 180e top et la seconde du chronomètre au cours de laquelle il se produit. Si l'on utilise une bande assez longue pour inscrire les 180 tops radiotélégraphiques parallèlement aux secondes du chronomètre, on possède un autre contrôle en calculant, par le relevé de coïncidences inscrites graphiquement, les heures des 1er et 180e tops.

Pour égaliser à coup sûr les temps perdus on peut faire servir le même galvanomètre à corde à l'inscription et des signaux de l'heure (tops radiotélégraphiques) et des secondes du chronomètre à comparer. Il suffit, pour distinguer les deux sortes d'inscription, de connecter les circuits de telle sorte que les tops provoquent une déviation à gauche et les secondes une déviation à droite.

Les résultats obtenus conduisent à deux types d'appareils inscripteurs de l'heure, l'un au $\frac{1}{5}$ de seconde, destiné à la comparaison d'un chronomètre aux signaux de l'heure, l'autre, au $\frac{1}{100}$ de seconde, destiné à inscrire le 1er ou le 180e top radiotélégraphique émis vers 23^h30^m et à le situer dans la seconde du chronomètre à comparer au $\frac{1}{100}$ de seconde près.

PHYSIQUE. — *Sur la chaleur latente de vaporisation des métaux.* Note de M. **Edm. van Aubel**, présentée par M. G. Lippmann.

Le quotient de la chaleur latente de vaporisation moléculaire d'un liquide par la température absolue d'ébullition sous la pression atmosphérique est constant. Cette

loi, connue sous le nom de *règle de Trouton*, a conduit à considérer comme liquides normaux ceux pour lesquels ce quotient est voisin de 20,5.

D'autre part, Wehnelt et Musceleanu ([1]) ont fait connaître récemment une méthode directe de mesure de la chaleur latente de vaporisation des métaux et ont donné les valeurs de cette constante physique pour le mercure, le cadmium, le zinc, le magnésium et le bismuth.

Les recherches de Kundt et Warburg, de V. Meyer ont montré la monoatomicité des vapeurs de mercure, de cadmium et de zinc; les expériences de von Wartenberg ont établi la même propriété pour les vapeurs de bismuth ([2]).

La propriété caractéristique des métaux de former des molécules monoatomiques résulte encore des recherches de Ramsay sur l'abaissement de tension de vapeur des amalgames dilués et des mesures de Heycock et Neville et de Tammann sur l'abaissement des points de congélation des solutions métalliques ([3]).

Il m'a paru intéressant de chercher à vérifier la loi de Trouton pour les métaux, en utilisant les mesures de Wehnelt et Musceleanu. Dans le Tableau suivant, les températures d'ébullition et les poids atomiques sont extraits des *Tables physico-chimiques de Landolt-Börnstein*, 4e édition, 1912, p. 1 et 190. Le calcul n'a pas été fait pour le magnésium, parce que le point d'ébullition de ce métal est inconnu, ainsi que l'on peut s'en assurer à l'aide des Tables de Landolt-Börnstein.

Métal.	Température absolue d'ébullition.	Poids atomique.	Chaleur latente de vaporisation.	Constante de Trouton.
Mercure.......	630	200,0	63,6	20,2
Cadmium.....	1051	112,4	181,0	19,36
Zinc..........	1191	65,4	365,8	20,08
Bismuth......	1708	208,0	161,5	19,66
Magnésium....		24,3	1700,0	

La loi de Trouton se vérifie donc très bien pour les métaux. En adoptant la valeur 20 comme constante de Trouton, on trouve pour le point d'ébullition du magnésium 1792° C. Ditte avait trouvé 1100° environ, Greenwood 1120° et von Wartenberg a indiqué une température supérieure à 2200°. Grüneisen ([4]) a déterminé, par des considérations théoriques, la température d'ébullition du magnésium sous la pression atmosphérique et a donné 1810° absolus.

([1]) *Verhandlungen der deutschen physikalischen Gesellschaft*, t. XIV, 30 novembre 1912, p. 1034.

([2]) Schenck, *Physikalische Chemie der Metalle*, 1909, p. 6.

([3]) Schenck, *loc. cit.*, p. 34, 35 et 36.

([4]) *Verhandlungen der deutschen physikalischen Gesellschaft*, t. XIV, 1912, p. 329.

ÉLECTRICITÉ. — *Déperdition électrique dans le système plan-sphère-air atmosphérique. Coefficient de dissymétrie, sa mesure.* Note de MM. A. GUILLET et M. AUBERT, présentée par M. Lippmann.

I. On sait que les charges *positives* et *négatives* manifestent leur individualité, dans un grand nombre de cas, par la dissymétrie qu'elles déterminent dans les phénomènes de même nature dont un système donné est le siège.

La présente Note est relative aux dissymétries du phénomène de la *déperdition électrique* dans l'édifice plan-sphère, P-S, selon que le plan reçoit une charge positive ou une charge négative.

Des indications de l'électromètre P-S, on déduit à chaque instant, le potentiel des armatures, leur charge, et par suite l'intensité apparente du courant de déperdition : l'état électrique de P-S est en effet complètement défini, pour des milieux donnés lorsque ρ est nul, par les valeurs initiales u_0, et actuelle u, de la distance du centre de la sphère au plan, le rayon de la sphère étant pris pour unité ([1]). Pour abréger appelons ce rapport u, *paramètre de parcours*.

II. L'armature S, étant reliée au sol, et l'armature P isolée, on peut charger le système soit à l'aide d'une boule d'épreuve ε mise alternativement en contact avec un conducteur auxiliaire électrisé C et avec P, soit à l'aide d'éléments associés, d'un générateur statique ou d'induction. Comme les effets produits sont différents selon le mode de charge, bornons-nous au premier cas.

a. Le conducteur C est électrisé positivement et le paramètre de parcours a la valeur initiale u_0. — On constate dans ces conditions que la sphère S se rapproche d'abord progressivement du plan P à chaque contact de ε, puis refuse de dépasser une position, qu'on peut appeler *position d'arrêt*, correspondant au potentiel V_p et à la valeur u_p.

b. Le conducteur C est électrisé négativement. — Mêmes observations avec positions d'arrêt pour les potentiels V_n et les paramètres de parcours u_n.

Voici une série de nombres obtenus dans des mesures d'essais avec un appareil

---

([1]) A. GUILLET et M. AUBERT, *Théorie et mode d'emploi d'un nouvel électromètre absolu* (*Journal de Physique*, 1912, p. 990).

formé d'une sphère polie en aluminium de 14^{mm} de diamètre et un disque de laiton poli, séparés par l'air du laboratoire, et à des époques différentes :

Tableau I.

V_p (u.e.s.).	u_p.	$V_p : u_p$.	V_n.	u_n.	$V_n : u_n$.
26,05	2,937	8,87	34,85	2,911	11,97
24,31	2,672	9,10	31,77	2,646	12
22,22	2,407	9,23	28,74	2,379	12,08
19,72	2,143	9,20	25,57	2,111	12,11
18,02	1,871	9,63	23,32	1,829	12,75
16,50	1,707	9,67	21,63	1,651	13,10

Variations de la distance de la sphère au plan : de $4^{mm},56$ à $13^{mm},37$ (pour V_p); de $4^{mm},95$ à $13^{mm},56$ (pour V_n) entre 5000 et 11000 volts.

Avec une sphère de $29^{mm},5$ de diamètre les potentiels d'arrêt sont, pour une même journée :

Tableau II.

V_p	48,834	44,979	36,276	32,648	23,227
V_n	61,165	56,021	45,716	41,071	29,150

d'où l'on déduit :

$\frac{V_n}{V_p}$	1,252	1,245	1,260	1,256	1,255

le potentiel variant de 18000 à 7000 volts, les distances de la sphère au plan de 11^{mm} à 26^{mm}, u_0 de 1,869 à 2,906 et u de 1,724 à 2,786.

A l'examen du Tableau I, on constate que les rapports $V_p : u_p$ et $V_n : u_n$ des potentiels d'arrêt aux paramètres de parcours correspondants varient très lentement. D'après le Tableau II, *les rapports* $V_n : V_p$ *des potentiels négatifs et positifs d'arrêt répondant à la même valeur initiale* u_0 *du paramètre de parcours, sont constants et égaux à* $\delta = 1,253$. Ce nombre peut être appelé *coefficient de dissymétrie* de la déperdition du système.

III. Partant d'une position d'arrêt quelconque et abandonnant le système électrisé P — S à lui-même, on relève périodiquement les positions du spot, à des époques $n\tau$ lues sur un chronomètre. Des coordonnées (u_0, u, t) on tire les coordonnées (V, t), par exemple, qu'on relie par une formule ou par une courbe. La méthode graphique conduit ainsi au tracé d'un réseau de couples de courbes C_+, C_-, un couple pour chaque valeur de u_0. Comme C_- part d'un potentiel plus élevé, la courbe C_- se trouve placée au-dessus de la courbe C_+. Si les valeurs u_0 et u'_0 sont convenablement

choisies, pour $u'_0 > u_0$, la courbe C'_+ pourra rencontrer la courbe C_- : les courbes se traversent alors tangentiellement en un point M. En un tel point les potentiels de déperdition V′ et V ont la même valeur absolue, ainsi que leurs dérivées par rapport au temps, la dissymétrie ne peut donc plus porter que sur les paramètres de parcours. Par exemple, pour $u'_0 = 2,906$ et $u_0 = 2,357$, la rencontre aura lieu pour $V' = -V = 11300$ volts (boule de $29^{mm},5$) et pour les valeurs $u' = 2,296$ et $u = 2,875$ des paramètres de parcours dont le rapport est 1,252. La coïncidence se maintient pour une variation de 750 volts de part et d'autre de 11300 volts. Les potentiels passent de 15000 à 8000 volts en 50 minutes (P, négatif), mais à partir de 8000 volts la déperdition directe devient de plus en plus faible.

IV. Des observations d'ordre général seront formulées, au terme d'un travail en cours, sur certaines modalités de la décharge des corps électrisés. Il est difficile, toutefois, lorsqu'on examine les faits à la lumière de « la théorie des ions gazeux », à laquelle se rattachent de si nombreux et si remarquables travaux, de ne pas rapporter à une même cause l'existence d'un coefficient de dissymétrie δ *imposé* par l'observation de la déperdition *directe*, et d'un rapport de mobilités $k_2 : k_1$ des ions négatifs et des ions positifs, tiré de la déperdition *provoquée*.

Pour l'air, les valeurs du rapport $k_2 : k_1$ déterminées par la méthode de la composition des vitesses (Zeleny) ou par la méthode de l'inversion du champ (Langevin) sont comprises entre 1,37 et 1,22.

Chattock a tiré, de l'étude de la répartition de la pression sur un plan conducteur relié au sol et provenant du vent électrique émanant d'une pointe très aiguë et fortement électrisée (+ ou −) placée en regard du plan, un rapport de mobilités trouvé d'abord égal à 1,45, puis ramené à 1,31 dans un second travail.

Il semble, d'après les faits rapportés plus haut, que l'emploi de la pointe est inutile et que la considération plus générale des potentiels d'arrêt, d'une observation rapide et simple, est préférable à l'effet secondaire de pression mis à profit par Chattock.

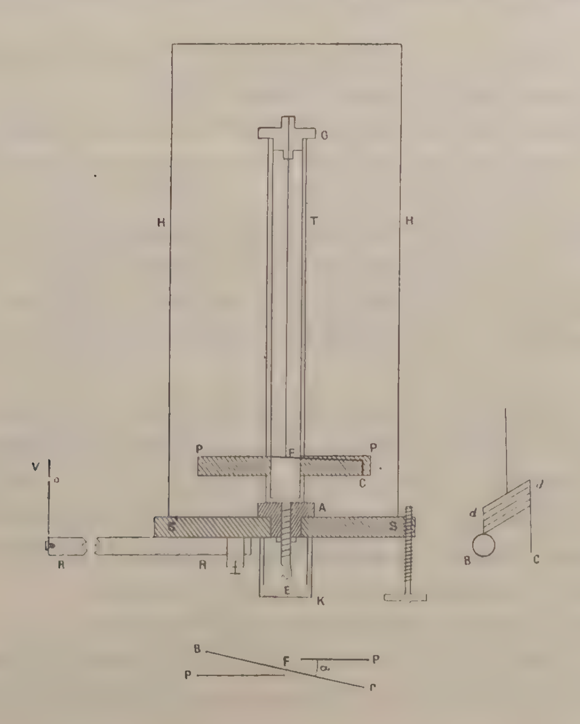
ÉLECTRICITÉ. — *Nouvel électromètre idiostatique.* Note de M. **V. Crémieu**, présentée par M. E. Bouty.

L'emploi thérapeutique de plus en plus fréquent de l'émanation du radium a obligé un grand nombre de personnes, étrangères à la Physique, à

faire des mesures de conductibilité gazeuse portant sur des courants de l'ordre de 10^{-12} ampère.

Le seul appareil actuel pratique, pour mesurer des courants aussi faibles en dehors d'un laboratoire, est l'électroscope à feuille d'or dont on observe les vitesses de chute à l'aide d'un microscope.

Les défauts de cet appareil tiennent à la fragilité de la feuille d'or, à la



variabilité de son élasticité de flexion, aussi bien qu'au mode d'observation. Celui-ci est fatigant et donne des mesures qui cessent d'être comparables dès que le champ de visée ne correspond plus rigoureusement au même écart angulaire de la feuille d'or par rapport à la verticale. De plus, il est impossible de faire varier la sensibilité de l'appareil, et l'on est obligé d'opérer toujours entre les mêmes limites de voltage.

Pour obvier à ces inconvénients, j'ai construit un électroscope de torsion, qui se comporte comme un véritable électromètre.

Il se compose d'un équipage mobile BC (*fig.* 1) formé d'un morceau de fil d'aluminium recourbé à une de ses extrémités de façon à former une petite alidade circulaire B, et à l'autre extrémité une pinnule C. Entre B

et C sont tendus quatre fils d'argent *dd*, de $\frac{1}{50}$ de millimètre, dont le frottement contre l'air suffit, pour une valeur convenable de la période d'oscillation, à amortir les mouvements de l'équipage.

Celui-ci est supporté par un ruban métallique de 25^{cm} de longueur, $0^{cm},001$ d'épaisseur et $0^{cm},01$ de largeur, dont l'extrémité est pincée dans un petit goniomètre G qui peut tourner à la partie supérieure d'un tube métallique T.

Au même niveau que l'équipage mobile, T porte deux palettes PP, disposées de chaque côté du plan vertical de BC.

Le tout est isolé par la pièce d'ambroïde A, au centre du socle à vis calantes SS, qui reçoit une cage cylindrique de protection HH, et un bouchon K.

Sur le socle on peut fixer une règle horizontale RR, de $0^{m},85$ de longueur, au bout de laquelle se placent deux disques métalliques verticaux V, percés d'un trou circulaire O, de 2^{mm} de diamètre. La distance des centres des trous O est réglable, suivant une direction normale à la règle RR.

Si, par E, on charge le système isolé, les palettes repoussent BC, qui décrit un angle α. Les trous O sont placés dans le prolongement de la direction de BC pour deux valeurs déterminées α_1 et α_2. L'appareil une fois chargé, si un courant agit sur lui, l'observateur placé derrière les disques V verra la pinnule couper diamétralement l'alidade pour $\alpha = \alpha_1$ derrière le premier trou, puis pour $\alpha = \alpha_2$ derrière le second.

La mesure d'un courant revient à compter le temps qui s'écoule entre ces deux intersections, et à le comparer au temps compté pour un courant connu, par exemple le courant de saturation dû à un disque d'oxyde d'uranium.

Capacité de l'appareil. — Pour que la répulsion électrique maintienne l'équipage dans la position définie par l'angle α, il faut que le potentiel ait une valeur qui dépende : 1° du couple de torsion W du ruban FF ; 2° de l'angle initial ω dont ce ruban est tordu par rapport au plan des palettes PP.

Pour une même valeur de α, le potentiel, et, par conséquent, la charge totale que prendra le système isolé, est proportionel à W et à ω, cet angle étant compté positivement quand il colle BC contre PP.

Le système isolé peut tourner sur le socle de façon à placer les palettes dans tous les azimuts possibles par rapport à la direction de la règle RR. D'autre part le goniomètre G permet de donner à ω toutes les valeurs qu'on désire.

On peut donc, très simplement, faire varier à volonté la capacité totale de l'appareil, et par suite sa sensibilité à la charge, au voltage, ainsi que le voltage auquel on opère,

Le Tableau suivant résume les constantes de l'appareil :

α.	ω.	Potentiel en volts.	Sensibilité au potentiel en volts par degré.	Vitesse angulaire par minute pour un courant de $1,4\times 10^{-11}$ ampère.	Vitesse linéaire correspondante à 85^{cm} du centre.	Capacité totale en centimètres.
20°	0°	114	6	7°36′	112^{mm}	10
60	0	535	22,2	2°33′	$37^{mm},8$	29
20	360	471	12			20
20	720	738	18			30
20	1080	972	24			40

La sensibilité limite dépend de l'isolement de l'appareil. Celui-ci présente une fuite spontanée qui, dans une atmosphère normale, entraîne à peine une vitesse de chute de 30′ par heure.

Si l'on convient de considérer comme mesurable un courant qui entraînera une vitesse dix fois plus forte, soit 5° à l'heure, on voit que la sensibilité limite est de 10^{-13} ampère.

En plus de sa grande sensibilité et de son mode d'observation qui dispense de tout réglage, l'appareil est d'une très grande solidité et peut supporter tous les survoltages sans qu'il y ait à craindre ni court circuit, ni rupture de l'équipage mobile. Une fois que l'angle α atteint 90°, l'équipage ne bouge plus quelles que soient les charges qu'on lui communique.

PHYSIQUE. — *Sur le phénomène de Hall dans l'antimoine.* Note de MM. Jean Becquerel et L. Matout et de Mlle W. Wright, présentée par M. Villard.

Dans une Note précédente [1], l'un de nous a étudié le phénomène de Hall dans le bismuth cristallisé. La force électromotrice de Hall est à la température de l'air liquide beaucoup plus grande qu'à la température ordinaire, et est la résultante de deux effets qui suivent des lois différentes : l'un, de sens positif, varie proportionnellement à l'intensité du champ magnétique ; l'autre, de sens négatif, atteint une saturation [2].

Il importait de rechercher avec d'autres métaux si le phénomène de Hall

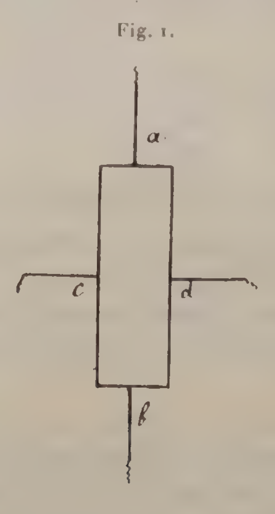
(1) Jean Becquerel, *Comptes rendus*, t. 154, 24 juin 1912, p. 1795.

(2) Voir sur cette question Kamerlingh Onnes et Bengt Beckman (*Comm. Phys. Lab. Leiden*, nos 129 et 130).

est généralement la superposition de plusieurs effets de natures différentes. Avec l'antimoine, les résultats obtenus sont aussi singuliers que ceux présentés par le bismuth, mais ils sont différents et encore plus inexpliqués.

La méthode employée est celle de Hall : une lame d'antimoine de quelques dixièmes de millimètre d'épaisseur est traversée entre *a* et *b* (*fig.* 1) par un courant de 1 à

Fig. 1.



2 ampères. On relie par un circuit contenant un galvanomètre sensible deux points *c* et *d* au même potentiel et l'on mesure le courant transversal permanent qui prend naissance dans ce circuit lorsqu'on produit un champ magnétique normal à la lame. Nous indiquerons ailleurs les détails du dispositif et de la méthode de mesure. Les chiffres adoptés sont les moyennes des valeurs obtenues avec les deux sens du champ magnétique et les deux sens du courant *ab*. Les résultats sont représentés par les courbes (*fig.* 2) qui donnent la différence de potentiel *cd* en fonction du champ magnétique, pour des lames de 1^{mm} d'épaisseur, traversées par un courant de 1^{amp}.

Nous avons employé trois lames ; chacune d'elles a été plongée dans un bain de pétrole à la température du laboratoire, puis dans de l'air liquide.

L'une des lames (courbes I et II) est taillée parallèlement au clivage principal, c'est-à-dire normalement à l'axe cristallographique principal ; le champ magnétique est, par conséquent, parallèle à cet axe.

Une autre lame (courbes V et VI) est parallèle à l'axe cristallographique.

Enfin la troisième lame (courbes III et IV) est taillée dans une direction quelconque au milieu d'une masse coulée. Nous l'avons désignée par *lame moyenne*, mais il faut remarquer qu'elle ne doit pas être véritablement *moyenne*, car il y a de grandes chances pour que les petits cristaux ne se trouvent pas orientés d'une façon quelconque.

On constate les faits suivants :

a. L'effet Hall (de sens positif) est plus grand à basse température.

b. Comme on devait s'y attendre, le phénomène dépend de l'orientation des cristaux dans le champ magnétique. On remarquera que la lame moyenne a donné un effet notablement plus intense que chacune des deux lames taillées, l'une normalement, l'autre parallèlement à l'axe cristallographique principal.

c. *Les courbes se composent de deux droites reliées par une courbe à inflexion*. Une décomposition simple en deux ou plusieurs effets (comme

Fig. 2.



celle qui est évidente dans le cas du bismuth) n'apparaît pas ici. Y a-t-il superposition de plusieurs phénomènes? ou bien y a-t-il une influence de la variation de l'aimantation, dont doit dépendre le phénomène de Hall?

Une autre question qui se pose, d'une façon tout à fait générale d'ailleurs pour tous les métaux, est celle de l'influence des impuretés. Dans le cas du bismuth, par exemple, nous pensons que des traces de tellure modifient considérablement l'effet Hall : des expériences sont préparées en vue d'élucider cette question.

Bien que ne pouvant apporter aujourd'hui aucune explication des faits observés, nous avons pensé qu'il était utile de les signaler, car ils ne semblent guère s'accorder avec les théories actuelles des phénomènes galvanomagnétiques. La plupart des physiciens qui se sont occupés de ces

questions n'ont mesuré l'effet Hall que pour un très petit nombre de valeurs de l'intensité du champ et n'ont pas déterminé la loi de variation du phénomène : cependant la force électromotrice de Hall n'est pas toujours proportionnelle au champ, et l'étude des écarts, tels que ceux que présente l'antimoine, sera un excellent guide dans la recherche d'une théorie satisfaisante de ces phénomènes.

RADIOACTIVITÉ. — *Décomposition de l'eau par les rayons α.* Note de MM. **William Duane** et **Otto Scheuer**, présentée par M. A. Haller.

Depuis que M. Giesel (¹) a découvert la décomposition de l'eau par les sels du radium, ce phénomène a été l'objet de plusieurs recherches dont le résultat est que, suivant la méthode expérimentale et la nature des rayons utilisés, l'eau liquide est décomposée en hydrogène et oxygène ou en hydrogène et eau oxygénée.

Nous avons entrepris une étude sur la décomposition de l'eau à l'état liquide, solide et gazeux par les rayons α en nous imposant comme conditions expérimentales :

1° D'utiliser une source concentrée des rayons α réagissant sur la quantité d'eau strictement nécessaire pour les arrêter, et de réduire au minimum l'influence des rayons plus pénétrants β et γ, en répartissant l'eau en une couche mince et uniforme autour de cette source ;

2° De soustraire au rayonnement, dans la mesure du possible, le gaz produit au fur et à mesure de son dégagement, sans avoir à le sortir de l'appareil ;

3° De pouvoir poursuivre la marche de l'expérience pendant un temps assez long en mesurant, à des intervalles déterminés, la quantité de gaz dégagé dont on faisait ensuite l'analyse pour connaître sa composition ;

4° De chercher une relation entre l'intensité du rayonnement absorbé par l'eau et la masse d'eau décomposée.

Pour la décomposition de l'eau liquide, effectuée à la température ordinaire, et de la glace à celle de l'air liquide, nous avons employé un appareil basé sur le principe de la jauge Mac Leod, dont la description complète sera donnée ultérieurement. Nous nous bornerons à dire qu'une partie de l'appareil permettait d'introduire l'eau purifiée, exempte de tout gaz étranger, dans un tube capillaire de diamètre intérieur de $0^{mm},9$

---

[1] *Berliner Berichte*, t. XXXV, 1902, p. 3605.

à 1^{mm}, dans l'axe duquel se trouvait soudé un petit tube à paroi très mince (nos tubes avaient des parois variant de $0^{mm},004$ à $0^{mm},06$ d'épaisseur). A l'extrémité de ce tube mince se trouvait enfermé à l'aide de mercure l'émanation purifiée que nous extrayions d'une solution de $0^{g},3$ de $RaCl^2$ très obligeamment mise à notre disposition par Mme Curie.

L'autre partie de l'appareil était le corps de jauge même, portant un système de tubes divisés servant à la mesure du volume et de la pression du gaz dégagé et à l'analyse eudiométrique de ce gaz. L'appareil était construit entièrement en verre soudé et ses parties essentielles étaient soigneusement calibrées.

Les expériences sur la vapeur d'eau ont été faites en mélangeant l'émanation purifiée directement à une certaine quantité d'eau qui, portée à la température de 170°, se trouvait à l'état de vapeur surchauffée sous une pression d'environ 3^{atm}.

Les expériences sur l'eau liquide avaient une durée variant entre 3 et 7 semaines, celles sur la glace et la vapeur de 5 à 7 jours ; elles ont donné les résultats suivants :

Les rayons α décomposent l'eau, quel que soit son état, en hydrogène et oxygène. A l'état solide, à —183°, le produit de décomposition est du gaz tonnant, tandis qu'à l'état liquide il y a d'abord de l'hydrogène en excès, l'oxygène formé en même temps se combinant en partie à l'eau pour former de l'eau oxygénée. Celle-ci étant décomposée à son tour, il se dégage ensuite de l'oxygène en excès. A l'état gazeux, il y a aussi formation d'hydrogène en excès, et la proportion de cet hydrogène atteignait 50 pour 100 du volume total du gaz.

La quantité d'eau liquide décomposée est proportionnelle à l'intensité du rayonnement. Le nombre de molécules de gaz formé est de 6 pour 100 plus grand que le nombre d'ions que produiraient dans l'air les mêmes rayons α, dont la quantité d'énergie utilisée est 6,4 pour 100 de leur énergie disponible. La quantité de gaz formé atteignait $0^{cm^3},825$ par curie-heure.

Dans le cas de la glace et de la vapeur, le gaz formé restant pendant toute la durée de l'expérience sous l'action des rayons (ce qui n'était pas le cas dans les expériences sur l'eau liquide), la quantité de gaz formé était beaucoup plus faible, et il semble que ce résultat soit dû à la recombinaison de l'hydrogène et de l'oxygène sous l'action des rayons. Le rapport du nombre de molécules de gaz formé au nombre d'ions produits est $\frac{1}{20}$ pour la glace, et pour la vapeur $\frac{1}{50}$ à $\frac{1}{150}$ de celui obtenu pour l'eau liquide.

En déterminant le courant d'ionisation dû aux rayons α sortant du tube, nous avons trouvé qu'un rayonnement capable de produire un courant d'ionisation de 1 ampère dans l'air décompose l'eau en donnant $0^{cm^3},1594$ H^2 et $0^{cm^3},0797$ O^2 par seconde, valeurs qui sont du même ordre de grandeur que les quantités $0^{cm^3},123$ H^2 et $0^{cm^3},0615$ O^2 libérées par seconde à 15° dans l'électrolyse.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur l'inversion du saccharose par les rayons ultraviolets.* Note de MM. **Daniel Berthelot** et **Henry Gaudechon**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Le développement pris par l'étude photochimique des sucres nous oblige à revenir, pour les préciser, sur certains points du sujet.

On sait que, dès 1859 et 1871, Niepce de Saint-Victor et Corvisart (*Comptes rendus*, t. 49, p. 368 et 816) et Raoult (*Ib.*, t. 73, p. 1049), observèrent la formation de corps réducteurs dans les solutions insolées d'amidon et de saccharose. Leurs recherches ont été reprises récemment. MM. Bierry et Henri, dans une courte Note présentée le 14 mai 1910 à la Société de Biologie, signalaient que les solutions aqueuses de certains polyoses (saccharose, raffinose, etc.), irradiées à l'air libre dans des cristallisoirs placés sous une lampe à mercure en quartz, devenaient réductrices. Ils ne proposaient aucune explication, mais ils disaient que, dans le cas du maltose et du lactose, ils n'avaient pu, même après une exposition très prolongée, déceler le glucose et le galactose, c'est-à-dire les monoses qui auraient résulté d'un dédoublement par hydrolyse.

Or nous avons montré que, dans ces conditions *d'irradiation à l'air libre par l'ultraviolet extrême*, la dégradation et l'oxydation des matières organiques (et notamment des sucres), sont très profondes, et que, dans l'apparition du pouvoir réducteur, interviennent des facteurs multiples que nous avons signalés : acide formique (*Ib.*, 23 mai 1910); aldéhyde méthylique résultant (*Ib.*, 13 juin 1910) de l'union des gaz CO et H^2 que dégage la photolyse des sucres; transformation d'une ou plusieurs fonctions alcooliques en fonctions aldéhydes, qui a lieu dans les sucres simples et, par conséquent, non dédoublables, comme la mannite (*Ib.*, 2 déc. 1912), etc. Ajoutons d'ailleurs que nous avons vérifié que toutes ces réactions ont lieu dans les solutions irradiées de polyoses.

Le 13 juin 1910 nous annoncions à l'Académie la synthèse photochimique des composés ternaires et des hydrates de carbone à partir des gaz CO et H^2; nous indiquions que ce phénomène est réversible, et que l'aldéhyde formique polymérisée solide se décompose en oxyde de carbone et hydrogène ; nous ajoutions que, quand l'action est plus poussée, on observe un second mode de décomposition irréversible qui donne, en plus, de l'anhydride carbonique et du méthane. C'était la première fois qu'on obtenait

par l'action de la lumière une dégradation aussi profonde d'un hydrate de carbone, allant jusqu'au retour aux gaz générateurs CO et H^2. Nous avons retrouvé depuis (*Ib.*, t. 155, p. 1156) pour l'ensemble des sucres les deux modes de décomposition que nous signalions dès le premier jour pour l'aldéhyde formique qui en est le générateur.

Le 1er août 1910, nous indiquions les résultats obtenus par une irradiation ultraviolette intensive, en l'absence d'air, sur deux sucres isomères simples (glucose, lévulose) et sur deux sucres isomères complexes donnant par hydrolyse les précédents (saccharose, maltose). Les proportions des gaz de photolyse étaient caractéristiques et très différentes pour les deux isomères simples d'une part, pour les deux isomères complexes d'autre part; nous pûmes, dans tous les cas, par le dosage quantitatif des quatre gaz CO, H^2, CO^2, CH^4, retrouver les produits de photolyse gazeuse caractéristiques des monoses élémentaires (glucose et lévulose), et montrer que l'inversion a lieu, non seulement dans le cas du saccharose, où elle est toujours facile, mais dans celui du maltose, où elle est beaucoup plus difficile, et où MM. Bierry et Henri avaient déclaré n'avoir rien trouvé.

Nous avons prouvé, depuis, la fécondité de cette méthode d'analyse gazeuse dans l'étude systématique du dédoublement des bioses et des trioses. La sûreté de ses indications s'est manifestée d'une manière frappante pour la mélézitose, où la photolyse de $0^g,2$ de produit a suffi pour rectifier la formule de constitution admise par Alekhine et pour confirmer un beau travail de M. Georges Tanret.

L'inversion des bioses par les rayons ultraviolets, annoncée par nous en août 1910, fut confirmée plusieurs mois après pour la saccharose par MM. Guntz et Minguin (*Ib.*, 12 février 1911), par MM. Euler et Ohlsen, et enfin par MM. Bierry, Henri et Ranc (*Ib.*, 6 juin 1911).

Notre démonstration n'est pas seulement antérieure de 10 mois à celle de ces derniers auteurs; elle est aussi plus complète. Nos expériences, en effet, tiraient une partie de leur valeur démonstrative du rapprochement entre le saccharose et le maltose; les leurs n'ont porté que sur le saccharose. Nos essais ont été faits sur le saccharose pur, en dehors de la présence d'air; un seul des leurs a porté sur le saccharose seul; dans tous les autres, ils ont opéré en présence d'air ou de carbonate de chaux, c'est-à-dire sur des systèmes complexes dans lesquels l'allure des phénomènes est profondément modifiée. Enfin, ils n'ont caractérisé qualitativement qu'un seul des produits de dédoublement (lévulose), tandis que nous avons dosé quantitativement les gaz dérivés du glucose aussi bien que du lévulose.

Sur un point, MM. Bierry, Henri et Ranc apportaient un résultat nouveau. Selon eux (*Journal de Physiologie*, septembre 1911) « la formation d'acides est une réaction primaire qui se produit dès le début de l'action des rayons ultraviolets ; l'apparition des produits gazeux est un processus secondaire qui semble lié à l'apparition d'acides ».

Ces conclusions ne sont pas confirmées par nos expériences. Les auteurs précités s'étaient bornés à faire agir la radiation globale ultraviolette de la lampe en quartz, qui rend les liqueurs acides. Notre étude de l'influence de la longueur d'onde sur la photolyse des sucres, commencée dès l'été 1910 (*Revue générale des Sciences*, 30 avril 1911) et continuée depuis (*Comptes rendus*, t. 154, p. 1803; t. 155, p. 401, 831, 1016, 1153, 1506), nous a montré que dans l'ultraviolet initial (solaire) et le début de l'ultraviolet moyen, il y a dégagement de gaz CO et H^2, sans apparition d'acidité. L'inversion du saccharose au soleil, annoncée par Raoult, mais contestée par Kreusler qui l'attribuait à des moisissures (*Berichte*, t. VIII, p. 93), est bien réelle, le *glucose* ne donne pas de gaz même en un an ; le *lévulose* donne au bout de peu de jours du gaz CO pur; le *saccharose* ne donne pas de gaz pendant plusieurs mois (période d'inversion en glucose et lévulose), puis dégage du gaz CO pur. Comme la fermentation du saccharose par les moisissures ne donne pas CO, ce gaz ne peut provenir que de l'attaque photochimique du lévulose que notre méthode permet de déceler avec une sûreté et une sensibilité supérieures à tout autre procédé chimique dans ces conditions où il est mélangé à un grand excès d'autres sucres.

En somme, nous avons prouvé non seulement que le saccharose s'invertit avec dégagement gazeux par les rayons ultraviolets, mais encore que ce phénomène est produit par des radiations qui ne rendent pas les liqueurs acides. Ces résultats ont certainement échappé à MM. Bierry, Henri et Ranc qui sont revenus récemment (2 décembre 1912) sur cette question.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation catalytique de la camphorone et sur quelques nouveaux carbures cyclopentaniques.* Note de MM. **Marcel Godchot** et **Félix Taboury**, présentée par M. E. Jungfleisch.

Dans une Communication antérieure [1], nous avons indiqué que la cyclopentanone, hydrogénée par la méthode de MM. Sabatier et Senderens,

[1] *Comptes rendus*, t. 152, p. 681.

donnait naissance à un mélange de cyclopentane, de cyclopentanol et de cyclopentylcyclopentanone. Il nous a paru intéressant de soumettre la camphorone à la même hydrogénation. Bouveault [1], en faisant la synthèse de ce composé, en a fixé définitivement la constitution qui est celle de la méthyl-1-isopropylidène-3-cyclopentanone-2

$$\begin{array}{c} \qquad CO \\ CH^3-HC\langle_{1}\;{}^{2}\;{}_{3}\rangle C=C\langle^{CH^3}_{CH^3}. \\ \quad H^2C\;\;CH^2 \end{array}$$

Dihydrocamphorone ou méthyl-1-isopropyl-3-cyclopentanone-2 :

$$\begin{array}{c} \qquad CO \\ CH^3-HC\langle\quad\rangle CH-CH\langle^{CH^3}_{CH^3}. \\ \quad H^2C\;\;CH^2 \end{array}$$

La camphorone, qui nous a servi de matière première et qui a été préparée par nous en partant du camphorate de chaux, bouillait à 197°-203° sous la pression atmosphérique. Soumise à l'action du nickel réduit et de l'hydrogène, à la température de 130°, elle s'est transformée quantitativement en dihydrocamphorone, liquide à odeur de menthone, bouillant à 182°-183°. Cette cétone est identique à celle préparée à l'aide d'autres méthodes par Semmler [2] et par Wallach [3]. Les points d'ébullition sont semblables et les points de fusion de la semicarbazone (197°-198°) et de l'oxime (78°) sont concordants.

Méthyl-1-isopropyl-3-cyclopentane
$$\begin{array}{c} \qquad CH^2 \\ CH^3-HC\langle\quad\rangle CH-CH\langle^{CH^3}_{CH^3}. \\ \quad H^2C\;\;CH^2 \end{array}$$
— Ce carbure prend naissance lorsqu'on hydrogène, à la température de 280°, par la méthode au nickel, la camphorone ou la dihydro camphorone. On constate la formation d'eau dans la réaction, le groupement CO étant remplacé par le groupement CH^2. Le méthylisopropyl cyclopentane constitue un liquide, à odeur terpénique, bouillant à 132°-134° ($d_{19}=0,773$; $n^{D}_{19}=1,4250$; R.M. trouvée $=41,72$; calculée $=41,42$).

Nous avons pu préparer ce carbure par une autre voie en partant du méthyl-1-isopropyl-3-cyclopentanol-2, obtenu en réduisant la dihydrocam-

---

(1) *Bulletin de la Société chimique de France*, t. XXIII, p. 160.

(2) *Ann. der Chemie*, t. CCCXXVII, p. 136.

(3) *Berichte der deut. chem. Gesell.*, t. XXXVII, p. 236.

phorone par l'alcool absolu et le sodium (¹); celui-ci, chauffé en présence du chlorure de zinc, se déshydrate en donnant un mélange de deux carbures non saturés isomères (ébull. 143°-145°; $d_{18} = 0,786$; $n^{D}_{18} = 1,4465$); ces deux carbures possèdent les constitutions suivantes :

$$\begin{array}{c} \text{CH} \\ H^3C - C \!\diagup\!\!\diagup \quad \diagdown CH - CH \begin{smallmatrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{smallmatrix} \\ H^2C \;\; CH^2 \end{array} \quad \text{et} \quad \begin{array}{c} \text{CH} \\ H^3C - HC \diagup \quad \diagdown\!\!\diagdown C - CH \begin{smallmatrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{smallmatrix} \\ H^2C \;\; CH^2 \end{array};$$

il est impossible de les séparer, mais, hydrogénés ensemble en présence de nickel réduit à 170°, ils fournissent un carbure unique, bouillant à 133°-134°, constitué par du méthyl-1-isopropyl-3-cyclopentane, identique à celui isolé par nous dans la réduction catalytique de la dihydrocamphorone.

Diméthyl-1.2-isopropyl-3-cyclopentane

$$\begin{array}{c} CH - CH^3 \\ H^3C - HC \diagup \quad \diagdown CH - CH \begin{smallmatrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{smallmatrix} \\ H^2C \;\; CH^2 \end{array}.$$

— Le dihydrocamphorone peut servir de matière première pour obtenir des carbures trisubstitués homologues du cyclopentane. Lorsqu'on fait réagir, en effet, les organo magnésiens sur cette cétone, on obtient, sinon l'alcool tertiaire attendu, du moins les deux carbures isomères qui en dérivent par déshydratation et qui, hydrogénés à 180° par la méthode au nickel, fournissent le carbure saturé correspondant.

Avec l'iodure de méthylmagnésium, on obtient le mélange de deux diméthyl-1.2-isopropyl-3-cyclopentènes Δ_1 et Δ_2 (ébull. 150°-155°; $d_{17} = 0,812$; $n^{D}_{17} = 1,4500$) qui, hydrogéné à 180°, se transforme en diméthyl-1.2-isopropyl-3-cyclopentane, carbure à odeur terpénique (ébull. 146°-148°; $d_{16} = 0,786$; $n^{D}_{16} = 1,4337$; R.M. trouvée $= 46,32$; calculée $= 46,03$).

Méthyl-1-diisopropyl-2.3-cyclopentane :

$$\begin{array}{c} CH - CH \begin{smallmatrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{smallmatrix} \\ H^3C - HC \diagup \quad \diagdown CH - CH \begin{smallmatrix} \diagup CH^3 \\ \diagdown CH^3 \end{smallmatrix} \\ H^2C \;\; CH^2 \end{array}.$$

Ce carbure s'obtient en hydrogénant à 180°, par le nickel, le mélange

(¹) *Berichte der deut. chem. Gesell.*, t. XXXVII, p. 237.

des deux carbures non saturés isomères résultant de l'action de l'iodure d'isopropylmagnésium sur la dihydrocamphorone et bouillant vers 160°-168° ($d_{18} = 0,812$; $n^{D}_{18} = 1,4509$). Le méthyl-1-diisopropyl-2.3-cyclopentane ainsi obtenu constitue un liquide à odeur terpénique (ébull. 150°-152°; $d_{17} = 0,781$; $n^{D}_{17} = 1,4318$; R. M. trouvée = 54,71; calculée = 55,23).

Il est à remarquer, alors que le cyclopentane bout quelques degrés plus haut que le cyclopentène, que les homologues du cyclopentane bouillent plus haut que les homologues du cyclopentène.

MINÉRALOGIE. — *Sur un cas intéressant de dimorphisme.* Note de M. A. **Duffour**, présentée par M. Wallerant.

J'ai eu récemment l'occasion d'examiner deux échantillons de l'alcool benzoylvanillique

$$C^6H^3 \begin{cases} CH^2OH & (1) \\ O - CH^3 & (3) \\ OCO - C^6H^5 & (4), \end{cases}$$

préparés par M. G. Vavon. L'un avait été obtenu en hydrogénant le benzoate de vanilline, par l'hydrogène à froid en présence de noir de platine, conformément à la méthode générale que M. Vavon a décrite ici même (*Comptes rendus*, t. 154, 1912, p. 359). L'autre résultait de l'action d'une molécule de chlorure de benzoyle sur une molécule d'alcool vanillique sodé. Tous deux avaient été purifiés par cristallisation dans le mélange alcool-acétate d'éthyle.

Contrairement à toute attente, ces deux produits dont, après vérification, l'identité chimique ne saurait faire aucun doute, n'ont pas la même forme cristalline : le premier est *triclinique* et le second *monoclinique*. L'apparition de ces deux types n'est d'ailleurs pas fortuite, de nouvelles préparations les ayant reproduits l'un et l'autre.

Les cristaux tricliniques présentent les faces $p(001)$, $g^1(010)$, $b^{\frac{1}{2}}(11\bar{1})$, $c^{\frac{1}{2}}(1\bar{1}\bar{1})$ dominantes et $m(1\bar{1}0)$, $t(110)$ toujours réduites ou même absentes.

Paramètres $a : b : c = 0,8967 : 1 : 0,5283$.
Angles plans : $\alpha = 90°20'$; $\beta = 72°22'$, $\gamma = 72°44',5$.

Les cristaux monocliniques, très fréquemment maclés avec p pour plan

de symétrie, sont limités par les faces $p(001)$, $m(110)$, $e^{\frac{1}{2}}(021)$ dominantes, avec parfois $g^1(010)$ toujours réduite,

$$\text{Paramètres } a : b : c = 0{,}7814 : 1 : 1{,}3460$$
$$\beta = 111°9'$$

Ces deux types de cristaux, depuis plus d'un an qu'ils sont préparés, ne se sont point altérés et tous les essais tentés à froid, pour les transformer l'un dans l'autre par contact ou action mécanique, sont restés vains. J'ai pu cependant me rendre compte que la variété monoclinique ne se conserve qu'à la faveur d'un état de faux équilibre et que seule la variété triclinique représente la forme stable de la substance.

Les cristaux tricliniques fondent en effet vers 99°. Or si, au moyen du microscope chauffant de M. Wyrouboff, on élève lentement la température d'un cristal monoclinique, on observe qu'il éprouve vers 90° un commencement de fusion. Dans le liquide ne tardent pas à se former quelques germes qui, en peu d'instants, transforment toute la matière, fondue ou non, en un amas friable de cristaux tricliniques, ne fondant plus qu'à 99°.

La matière fondue reste très aisément en surfusion et sa consistance augmentant très vite par refroidissement, elle devient un véritable verre dans lequel la cristallisation ne se propage qu'avec une lenteur extrême. Mais au voisinage de 80°, la cristallisation est assez rapide pour être aisément suivie au microscope polarisant.

Si l'on ensemence sous un couvre-objet la forme monoclinique, qui d'ailleurs apparaît le plus souvent de façon spontanée, elle se développe en sphérolites très finement radiés, d'une régularité remarquable, dont les éléments parfaitement rectilignes, très biréfringents, présentent de nombreuses lamelles hémitropes. La forme triclinique s'en distingue immédiatement par l'aspect très irrégulier des contours, par la présence de nombreuses vacuoles et par une biréfringence plus élevée.

Dès que dans une préparation les deux formes viennent au contact, la forme monoclinique subit une régression au bénéfice de la forme triclinique. La vitesse de cette transformation, notable au voisinage de 90°, diminue rapidement si la température baisse ; vers 40° elle n'est plus que de l'ordre du $\frac{1}{10}$ de millimètre à l'heure, et dès 30° elle devient matériellement inappréciable, alors même qu'on attend plusieurs jours et qu'on a débarrassé la préparation de son couvre-objet, cause possible de perturbation.

Il est dès lors sans intérêt pratique de savoir si la forme monoclinique est, comme il paraît bien probable, instable à toute température sous la pression ordinaire ou si elle ne serait pas susceptible, aux basses températures, de rentrer dans un domaine de stabilité vraie au sens thermodynamique. Seule, l'étude des transformations sous pression élevée permettrait de le dire.

Mais ce qu'il importe de retenir, c'est qu'à des températures moyennes (25° par exemple) où le frottement interne est loin de s'opposer à tous les mouvements moléculaires qu'exigent les diverses sortes de transformations, la vitesse de transformation des deux formes cristallines peut diminuer assez pour permettre la coexistence en équilibre indéfini des cristaux stables et des cristaux instables.

Pareille observation n'avait été faite, à ma connaissance, qu'avec les formes monoclinique et orthorhombique du soufre : à − 23° leur transformation est, non pas précisément arrêtée, mais considérablement ralentie [1]. Il faut remarquer toutefois qu'à cette basse température, l'inertie de la matière à l'égard des transformations de toute sorte est généralement complète.

L'exemple actuel, par sa netteté, me semble donc plus propre à expliquer la remarquable persistance des deux formes (dont l'une paraît nécessairement instable) que l'on connaît pour un assez grand nombre de substances, parmi lesquelles le carbonate de calcium (calcite, aragonite), et dont les conditions d'équilibre vrai nous échappent encore.

BOTANIQUE. — *Sur la présence de la callose dans la membrane des Algues siphonées marines.* Note de M. **Robert Mirande**, présentée par M. L. Mangin.

Les Caulerpes doivent à leurs caractères morphologiques si spéciaux d'avoir éveillé depuis longtemps l'attention des botanistes. Montagne, Naegeli, Dippel, Noll, Janse, Klemm, Correns, Reinke, pour ne citer que les principaux, leur ont consacré d'intéressants Mémoires tant au point de vue anatomique qu'au point de vue physiologique. Nous sommes, en outre, redevables à Mme Weber van Bosse d'une monographie complète du genre *Caulerpa*.

Nos connaissances sont demeurées assez imprécises, néanmoins, en ce qui concerne la nature chimique de leur membrane. Les différents auteurs s'accordent, à l'exception de Schacht, pour reconnaître qu'elle ne présente pas les caractères d'une membrane cellulosique proprement dite, puisqu'elle ne se colore pas en bleu par l'iode et n'est point soluble dans la liqueur de Schweitzer. Cependant, beaucoup de ces auteurs et les Traités

(1) D. Gernez, *Ann. de Ch. et de Phys.*, 6e série, t. VII, 1886, p. 240.

récents comme les *Pflanzen-familien* d'Engler et Prantl ou l'excellente *Morphologie und Biologie der Algen* d'Oltmanns, continuent à parler des « lamelles cellulosiques » de la membrane et à désigner sous le nom de *cellulose-balken* (littéralement poutres de cellulose) les trabécules qui unissent entre elles les parois de leur thalle monosiphoné.

Les recherches que j'ai poursuivies, à ce sujet, au Laboratoire de Cryptogamie du Muséum et qui ont porté sur diverses espèces de *Caulerpa*, m'ont conduit aux résultats suivants :

1° La membrane de *Caulerpa* n'est point soluble directement dans la liqueur de Schweitzer; elle ne devient sensible à ce solvant qu'après action de réactifs énergiques (acide azotique concentré bouillant, par exemple) capables d'altérer profondément sa constitution chimique.

Elle ne donne jamais avec l'iode, quel que soit le traitement adopté, la coloration bleue ou violette caractéristique de la cellulose.

Elle ne se teint pas, en bain acide, par les colorants tétrazoïques spéciaux à la cellulose (type orseilline BB).

Enfin, chauffée à la glycérine, à 300°, en tubes scellés, selon la méthode indiquée par Van Wisselingh, elle se dissout entièrement, tandis que les membranes cellulosiques vraies y demeurent intactes.

L'ensemble de ces caractères nous montre que la cellulose proprement dite, définie par ses propriétés fondamentales bien connues, est absente de la membrane de Caulerpa.

2° Cette membrane est constituée par deux sortes de substances appartenant l'une au groupe des *composés pectiques*, l'autre au groupe des *calloses*, tels qu'ils ont été définis et étudiés par M. Mangin.

La présence des premiers de ces corps est révélée par l'affinité de ces membranes pour les sels métalliques (Devaux et Petit) et pour leur colorant spécifique le rouge de ruthénium, ainsi que par le volumineux précipité d'acide pectique qu'on obtient en les traitant par le procédé de M. Schlœsing.

La callose est décelée par les colorants tétrazoïques en bain alcalin (groupe benzidine), les bleus solubles après action de la potasse, et aussi par la propriété de devenir presque immédiatement soluble dans l'eau après action de la potasse ou de la soude concentrées à saturation.

J'ai pu isoler ce dernier constituant en traitant des coupes par l'acide azotique bouillant, puis en les lavant soigneusement à l'eau ammoniacale, opération qui détruit ou solubilise les composés pectiques. La membrane qui ne se colore plus alors par le

rouge de ruthénium présente les réactions colorantes de la callose, mais elle est devenue soluble dans la liqueur de Schweitzer, ce qui semble montrer qu'il y a eu un commencement de décomposition. Elle se colore en jaune, non en bleu, par l'iode, ce qui nous prouve encore qu'il ne s'agit pas là d'une trame cellulosique.

Ce procédé m'a permis d'identifier avec la callose la substance qui forme les *sphéro-cristaux*, décrits par Correns, après action de l'acide sulfurique étendu de un quart. On les obtient aisément avec les coupes traitées comme il vient d'être dit. Ils se comportent comme la callose vis-à-vis des réactifs colorants, mais sont solubles dans la liqueur de Schweitzer. J'attire, d'accord avec Correns, l'attention sur ce fait qu'ils sont bi-réfringents, différant en cela des sphéro-cristaux de cellulose obtenus par Gilson.

3° La structure des coupes soumises à l'action de l'acide azotique est encore bien conservée; les lamelles dont se compose la membrane sont seulement dissociées mais non désorganisées, ce qui montre bien que la *callose rentre comme substance fondamentale dans la composition de la membrane des* Caulerpa.

Elle avait été signalée déjà par M. Mangin : chez les Phanérogames, dans le cal des tubes criblés et la membrane des cellules mères des grains de pollen; chez les Cryptogames, dans la membrane des Péronosporacées, les sporanges des *Mucor* et chez quelques Algues (*Œdogonium*, *Ascophyllum*, *Laminaria*). Mais, dans tous ces cas, nous la trouvons soit associée à la cellulose, soit isolée dans certains organes de végétaux cellulosiques où sa facile gélification lui permet de jouer un rôle spécial. Chez les Caulerpes, elle se montre associée aux composés pectiques seulement. *Cette membrane nous offre donc un type de constitution chimique particulier, et nouveau jusqu'ici, chez les Végétaux.*

Je me suis en outre préoccupé de savoir si ce type était spécial au genre *Caulerpa* et ne se rencontrait pas dans d'autres familles d'Algues.

Des expériences portant sur un grand nombre d'échantillons m'ont convaincu qu'il se retrouvait dans toute la série des algues siphonées, à l'exception des Vauchériacées qui possèdent une membrane cellulosopectique.

Les Siphonées marines, Caulerpacées, Bryopsidacées, Derbésiacées, Codiacées formeraient donc un groupe bien distinct tant par leurs caractères anatomiques que par la constitution chimique de leur membrane.

Le détail et les conclusions définitives de ces recherches feront l'objet d'un Mémoire ultérieur.

AGRONOMIE COLONIALE. — *Sur l'existence en Afrique occidentale de deux formes stables d'*Hevea brasiliensis *Mull. Arg. présentant une aptitude différente à la production du latex.* Note de M. C.-M. **Bret**, présentée par M. Edmond Perrier.

L'*Hevea brasiliensis* Mull. Arg., qui constitue à peu près exclusivement les immenses plantations d'arbres à caoutchouc d'Extrême-Orient, n'a jusqu'à présent offert que des variations peu sensibles, quels que soient les efforts poursuivis dans la voie de la sélection. Au cours d'un séjour à la Côte occidentale d'Afrique, notre attention a été appelée par deux peuplements de cette espèce ayant une origine différente et dont les rendements en latex paraissaient dissemblables. Ces deux peuplements, d'ailleurs très homogènes, existent l'un à Dabou (Côte d'Ivoire), l'autre à Porto-Novo (Dahomey).

A. *Peuplement de Dabou.* — Composé d'environ 70 arbres; provient de graines recueillies dans le Bas-Amazone par la mission Eug. Poisson; les plants qui en sont issus ont été, par l'intermédiaire de la Maison Godefroy-Lebeuf et de la mission Bourdarie, introduits à la Côte d'Ivoire et ils y croissent normalement, dans un sol de fertilité moyenne, perméable mais parfois inondé.

B. *Peuplement de Porto-Novo.* — Comporte, dans un jardin appartenant à un particulier, seulement six arbres qui proviendraient de la station d'Ebute-Meta (Lagos), où ils auraient été envoyés par les Jardins royaux de Kew; leur origine primitive reste toutefois douteuse, mais ils ont été rapportés à *H. brasiliensis,* d'abord par M. Aug. Chevalier, détermination confirmée par M. Prain, directeur de Kew. A Porto-Novo, ils croissent dans un terrain sablonneux de fertilité moyenne, à sous-sol aquifère. Leur rendement en latex est bien plus élevé que celui des arbres du peuplement de Dabou.

Je me suis proposé de rechercher si ces deux formes présentent des caractères distinctifs et une certaine stabilité.

La morphologie externe n'offre pas de caractères distinctifs nets; d'une manière générale cependant, la forme A présente un aspect plus vigoureux que la forme B. Par contre, l'étude anatomique des échantillons des collections rapportées par M. Chevalier nous a fourni des caractères distinctifs très nets.

Forme A. — Dans la tige, prise non loin du bourgeon terminal, le bois est celui d'une plante plus vigoureuse que dans la forme riche; les vaisseaux du bois sont plus nombreux, plus larges, disposés en files radiales plus régulières.

Nous avons déterminé une région plus favorable à des observations comparatives que la tige, dans laquelle il est presque impossible d'obtenir des coupes microscopiques, des tissus d'un âge et d'une croissance rigoureusement semblables. Des conditions, très favorables dans le cas présent, existent dans la base renflée du pétiolule. On y observe pour ladite forme A les particularités suivantes : laticifères rares dans le parenchyme cortical, notamment à la face ventrale où ils sont accidentels, peu abondants dans la région libérienne; les chapelets qu'ils forment sur la face ventrale où le tissu fibro-vasculaire s'involute et s'interrompt, ne se rejoignent pas et pénètrent à peine dans la moelle.

Forme B (à rendements plus élevés). — Dans la tige, caractères inverses de ceux de l'autre forme. Dans la base renflée du pétiolule, nombreux laticifères dans le parenchyme cortical, notamment sur la face ventrale; laticifères abondants, serrés, dans la région libérienne où ils forment un chapelet qui se ferme à la face ventrale par de nombreux tubes logés dans du liber qui s'involute profondément dans la moelle; tendance à la production de faisceaux supplémentaires, riches en laticifères, dans la moelle.

Pour nous assurer de la fixité de ces deux formes dans la descendance et suivant les milieux, nous avons étudié :

1° Des plants de 6 mois issus des deux peuplements précités et venus en pépinière, à Bingerville (Côte d'Ivoire); ceux de la forme A, en terrain riche, fumé, arrosé; ceux de la forme B (à rendement plus élevé), en terrain siliceux pauvre et sec;

2° Les mêmes plants, âgés de 2 ans et mis en place, dans un milieu identique pour les deux formes, en terrain de forêt fraîchement défriché, fertile, bien arrosé et bien drainé.

Ces individus ont toujours présenté des caractères analogues à leurs parents.

En résumé :

1° Il existe à l'état cultivé, sur la Côte occidentale d'Afrique, deux formes stables d'*Hevea brasiliensis*, se distinguant par leur richesse inégale en latex;

2° L'étude anatomique de la base des pétiolules permet une distinction facile des deux formes;

3° Cette méthode d'examen est à retenir et pourrait être employée pour effectuer une sélection rapide;

4° Ces deux formes ont une vigueur inégale, la plus vigoureuse étant la plus pauvre en latex. Bien qu'elles semblent, d'après nos recherches, capables de se maintenir dans la descendance, nous pensons qu'à l'origine elles ont dû se produire par suite de conditions biologiques particulières et que ce sont en définitive deux formes physiologiques stables.

PHYSIOLOGIE. — *Adrénaline et glycémie.* Note de M. **H. Bierry** et Mlle **Lucie Fandard**, présentée par M. Dastre.

La *glycémie physiologique* se mesure par la quantité de *sucre libre* contenu dans le sang artériel; sensiblement fixe pour une espèce animale donnée, elle est indépendante des régimes alimentaires, de l'état de repos ou de travail, et exprime l'état d'équilibre entre la production et la dépense de l'organisme en sucre.

En outre du *sucre libre* directement réducteur, on rencontre dans le sang du *sucre combiné :* sucre dont la présence ne peut être manifestée qu'après scission de la molécule complexe qui le renferme et rupture de la liaison qui dissimule sa fonction aldéhydique. Il existe dans le sang, comme nous avons pu nous en assurer, plusieurs substances (1) susceptibles de donner du sucre après hydrolyse; ces combinaisons hydrocarbonées résistent à l'action de la glycolyse *in vitro* et de la potasse étendue et chaude qui font disparaître le sucre libre, elles sont toutefois rompues à l'autoclave à 120°, par les acides minéraux, et le sucre réducteur mis ainsi totalement en liberté peut être dosé à la manière ordinaire. Ces substances génératrices d'hydrates de carbone donnent naissance à du sucre réducteur dont la quantité est constante pour une espèce animale donnée, cette quantité pouvant suivant l'espèce être inférieure, égale ou même supérieure à celle du sucre libre normalement contenue dans le sang artériel (2).

Il est possible, en suscitant des troubles dans l'équilibre de la nutrition, de faire varier la glycémie chez l'animal. Peut-on parallèlement faire varier quantitativement ou qualitativement la substance sucrée existant en combinaison? Des essais, entrepris dans ce sens, nous ont montré que le sucre combiné présentait chez la même espèce et chez le même animal une fixité bien supérieure à celle du sucre libre. Nous avons pu toutefois préciser un certain nombre de conditions expérimentales suivant lesquelles on peut facilement observer des variations du sucre combiné. Nous relaterons aujourd'hui les variations consécutives à l'injection d'adrénaline.

On sait que l'adrénaline introduite sous la peau, dans la veine ou dans la

---

(1) Nous aurons à indiquer successivement nos résultats concernant les substances génératrices d'hydrates de carbone (distribution dans le sang, variations, nature) et les sucres réducteurs formés.

(2) H. Bierry et L. Fandard, *Comptes rendus Soc. Biol.*, 8 et 13 juillet 1912.

cavité péritonéale, est capable de provoquer chez l'animal une mise en circulation des réserves hydrocarbonées (glycogène) et de faire apparaître consécutivement l'hyperglycémie et la glycosurie (Doyon et Kareff, Noël Paton, Bierry et Z. Gruzewska). Nous avons été amenés ainsi à injecter de l'adrénaline au chien, dans la veine ou la cavité péritonéale, et à étudier parallèlement les variations du sucre libre et du sucre combiné dans le sang.

Nous nous sommes servis d'adrénaline lévogyre : naturelle ou synthétique. Nous devons à M. Gabriel Bertrand l'adrénaline pure [1], retirée par lui des capsules surrénales de cheval. L'effet de cette adrénaline est d'une constance remarquable; elle est capable de produire, en injection sous la peau, à la dose de $0^{mmgr},1$ par kilogramme, une glycosurie déjà appréciable chez le chien. Nous avons injecté des doses relativement fortes ($0^{g},001$ par kilogramme d'animal), de façon à produire une hyperglycémie intense. Les injections dans la veine sont moins bien supportées que dans la cavité péritonéale, la dose doit en être au moins moitié moindre, et il est toujours nécessaire de faire cesser par la respiration artificielle la syncope respiratoire consécutive à l'injection.

Le sang, dont un échantillon prélevé avant l'injection d'adrénaline servait pour les dosages témoins, était recueilli toutes les heures ou toutes les deux ou trois heures. On dosait dans les divers échantillons le *sucre libre*, puis le *sucre total* après hydrolyse. En retranchant de la quantité de sucre total la quantité de sucre libre, on avait le sucre réducteur provenant des diverses combinaisons génératrices d'hydrates de carbone. On pouvait avoir un second chiffre pour le sucre combiné en détruisant préalablement par la potasse étendue le sucre libre dans le sang, neutralisant et faisant ensuite l'hydrolyse acide. Pour la précipitation des matières albuminoïdes, nous avons eu recours à la technique de Bierry-Portier; nous avons employé parallèlement l'azotate ou l'acétate mercurique, les résultats ont été identiques. Les dosages de sucre réducteur étaient faits par la méthode de Gabriel Bertrand, et les résultats exprimés en glucose. Le mode d'anesthésie des animaux n'influence pas le résultat de l'expérience.

A la suite d'injection d'adrénaline dans la cavité péritonéale, le taux du sucre libre augmente considérablement dans le sang, l'hyperglycémie s'établit progressivement, elle atteint son maximum vers la troisième ou quatrième heure qui suit l'injection. L'hyperglycémie consécutive à l'injection intraveineuse atteint plus vite son maximum, mais elle peut néanmoins se maintenir pendant trois et même quatre heures. Les jeunes chiens sont particulièrement sensibles à l'action de l'adrénaline. Parallèlement au sucre libre, le sucre combiné varie beaucoup plus lentement.

Le taux du sucre combiné monte lentement, il continue à monter même

(1) G. Bertrand, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXI, 1904, p. 1188 et 1289.

quand le sucre libre diminue; nous avons suivi sa marche ascensionnelle jusqu'à la septième et la huitième heure qui suivent l'injection. Nos expériences n'ayant pas dépassé 8 heures, nous ne pouvons dire si le maximum était atteint à ce moment.

Voici une expérience à titre d'exemple. Chien de 18^{kg}, reçoit dans le péritoine $0^{g},03$ d'adrénaline dissoute, par quantité suffisante d'acide acétique, dans 2^{cm^3} d'eau physiologique :

	Sucre libre du sang pour 1000.	Sucre combiné du sang (le sucre réducteur obtenu par hydrolyse a été évalué en glucose) pour 1000.
	g	g
Avant injection........................	1,10	1
$1^{h}15^{m}$ après injection d'adrénaline........	1,75	1,15
4^{h} »	2,30	1,16
$7^{h}45^{m}$ »	1,55	1,35 (1)

Il ressort de ces expériences que le mécanisme qui règle l'hyperglycémie et la glycosurie (2) n'est pas aussi simple qu'on l'admettait jusqu'ici. Il semble qu'une partie du sucre libre versé en excès dans le sang puisse entrer plus ou moins rapidement en combinaison sans être perdue pour l'organisme et que le surplus seul passe dans l'urine.

EMBRYOLOGIE. — *Sur le développement du squelette de l'extrémité postérieure chez le Pingouin*. Note de MM. **R. Anthony** et **L. Gain**, présentée par M. E. Perrier.

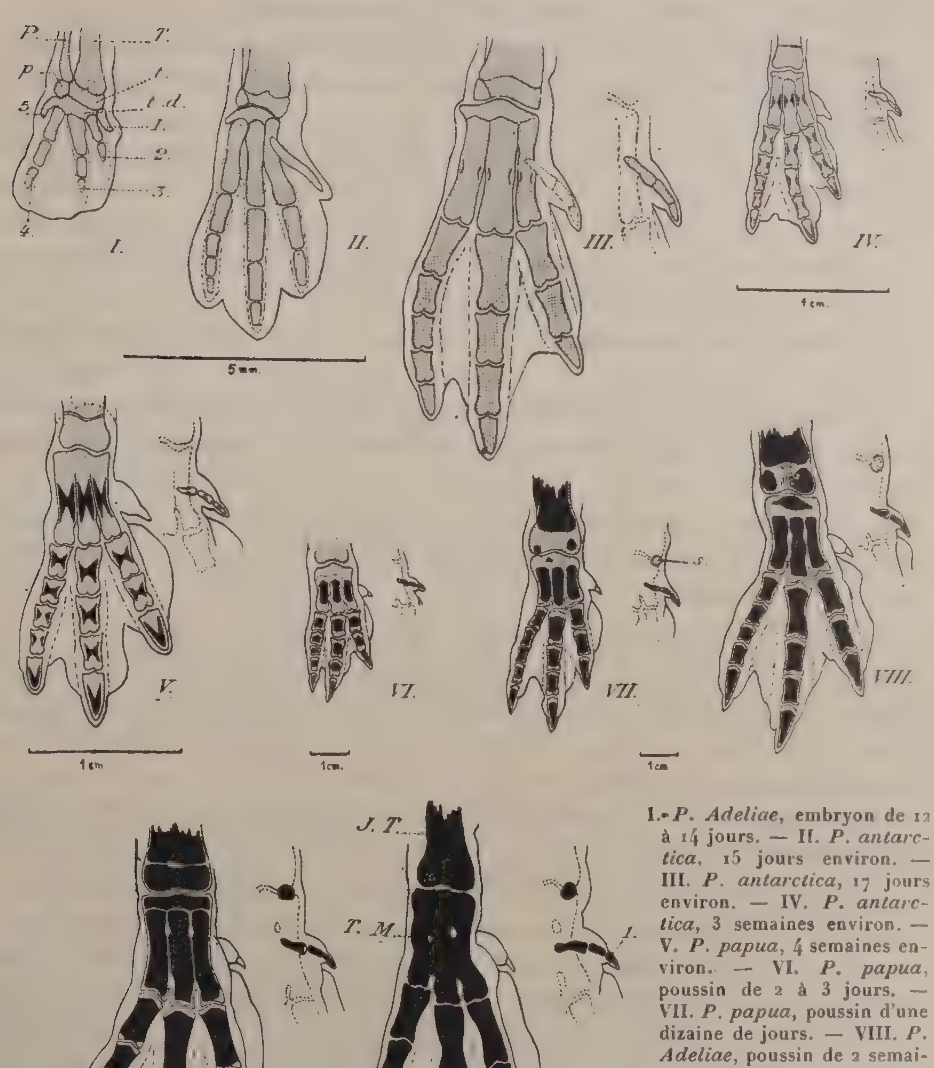
Les documents embryologiques utilisés ici proviennent de la deuxième Expédition antarctique française (1908-1910); ils se rapportent aux trois espèces suivantes : *Pygoscelis antarctica* Forster, *P. papua* Forster, *P. Adeliae* Hombron et Jacquinot.

Cette étude offre un intérêt particulier en raison de l'adaptation que présente le membre postérieur des Pingouins à la marche plantigrade.

---

(1) Cette expérience se trouve justement comparable avec la moyenne des résultats obtenus. Dans d'autres cas, la teneur en sucre combiné est encore plus élevée après le même temps (7 à 8 heures).

(2) Le manque de concordance entre la plus forte hyperglycémie et la plus forte glycosurie, après injection d'adrénaline chez le chien, avait déjà été signalé par l'un de nous et Z. Gruzewska (H. Bierry et Z. Gruzewska, *Comptes rendus Soc. Biol.*, 27 mai 1905).



I. *P. Adeliae*, embryon de 12 à 14 jours. — II. *P. antarctica*, 15 jours environ. — III. *P. antarctica*, 17 jours environ. — IV. *P. antarctica*, 3 semaines environ. — V. *P. papua*, 4 semaines environ. — VI. *P. papua*, poussin de 2 à 3 jours. — VII. *P. papua*, poussin d'une dizaine de jours. — VIII. *P. Adeliae*, poussin de 2 semaines environ. — IX. *P. Adeliae*, jeune de 3 à 4 semaines. — X. *P. Adeliae*, adulte. T = tibia; P = péroné; *t* = tibial; *p* = péronéal; *t. d.* = massif tarsien distal; 1, 2, 3, 4, 5 = rayons terminaux; *s* = sésamoïde du talon; J. T. = jambe, + massif tarsien proximal; T. M. = massif tarsien distal + métatarse.

Les figures ci-contre résument notre Communication.

Dans le stade I, la rangée tarsienne proximale est constituée de deux éléments cartilagineux distincts et inégaux, l'un correspondant au péronéal, l'autre au tibial.

Le massif tarsien distal se présente sous l'aspect d'une masse homogène dont l'apophyse externe est probablement un cinquième rayon, lequel d'ailleurs régresse rapidement au cours de l'ontogénie. Les différents rayons sont notablement écartés et le premier, encore indivis, possède avec le tarse un contact qu'il perdra plus tard.

Au stade II, le premier rayon, toujours indivis, a déjà perdu son contact avec le tarse.

C'est seulement au stade III que tous les rayons possèdent leurs nombres de segments définitifs. L'ossification périphérique se manifeste déjà dans les métatarsiens.

Au stade IV, confusion des éléments cartilagineux du massif tarsien proximal, et extension de l'ossification à tous les segments des rayons, sauf à ceux du rayon 1.

Au stade V, apparition de l'ossification dans le premier rayon.

Dans le stade VII, on voit apparaître deux points d'ossification dans le massif tarsien proximal, correspondant l'un au péronéal, l'autre au tibial. Dans le massif tarsien distal, il existe également un point d'ossification qui paraît correspondre au rayon 3.

Dans la gaine des tendons fléchisseurs, au niveau du talon s'est développé un nouvel élément que nous avons désigné par la lettre *s* et dont la présence paraît être en rapport avec l'adaptation à la marche plantigrade.

Le stade VIII montre l'existence d'une petite cavité articulaire placée entre le tibia et le massif tarsien proximal. Cette cavité articulaire disparaît d'ailleurs très rapidement. Nous n'avons pu suivre nettement entre ce stade et le précédent le mode de développement du tissu osseux dans le massif tarsien distal; il se pourrait qu'il se développe trois points d'ossification répondant chacun respectivement à chacun des rayons, mais qui se souderaient les uns aux autres presque aussitôt après leur apparition.

Stade IX : il est à noter que, dans le rayon 1, l'ossification n'a point envahi l'extrémité distale du premier segment, alors que pour les deux autres segments, c'est l'extrémité proximale qui reste encore cartilagineuse.

Le stade X enfin représente l'état adulte.

CYTOLOGIE. — *Nouvelles recherches sur les mitoses de maturation de* Sabellaria spinulosa *Leuck.* Note de M. **Armand Dehorne**, présentée par M. Henneguy.

Ainsi que je l'avais établi, le nombre des anses pachytènes est bien 8. Au sortir du stade pachytène, le noyau entre dans une très longue période d'accroissement au cours de laquelle son diamètre devient environ 10 fois plus grand. Dès le début de cette période, les 8 anses épaisses subissent un allongement progressif en rapport avec la croissance de l'ovocyte et se dédoublent longitudinalement (première division intranucléaire, stade strepsitène des auteurs). Jusqu'ici tout se passe conformément à ce qui est admis en pareil cas; mais la seconde moitié de la période d'accroissement est marquée par un phénomène intéressant. Les moitiés longitudinales des anses pachytènes qui, dans les exemples classiques, restent associées jusqu'au début de l'anaphase I, se séparent ici complètement; en même temps, toujours à l'état filamenteux, elles se dédoublent en long à leur tour. Et ceci constitue la deuxième division intranucléaire, à la suite de laquelle les 8 anses pachytènes initiales deviennent, dans le rétiforme nucléaire, 16 paires d'anses filamenteuses.

L'ovocyte tombe de l'ovaire dans le gonocœle, y achève sa maturation, puis est évacué au dehors par l'un des canaux segmentaires correspondants. Alors, au contact de l'eau de mer, la membrane nucléaire disparaît et l'on peut compter aisément, surtout dans les œufs montés en entier, 16 dyades en croix sur l'emplacement du noyau. Ces dyades représentent les 16 paires d'anses filamenteuses précédentes; on trouve dans les coupes sériées tous les degrés de concentration et de rétraction de la substance de ces dernières pour donner les dyades en croix. Celles-ci ont la forme bien connue des chromosomes hétérotypiques des ovocytes de beaucoup d'Annélides et de Mollusques. Elles rappellent, en particulier, de près celles qui ont été décrites par Janssens [1] dans les mitoses de l'ovocyte d'*Aplysia punctata,* où le nombre est 16 également. Tout comme chez ce Gastéropode, les 16 dyades hétérotypiques, dont les bras montrent, dès la fin de la prophase, une troisième division longitudinale (division anaphasique I des auteurs), sont dissociées à l'anaphase I; et chaque branche, déjà clivée, donne un V double en s'éloignant du plan équatorial. Le premier globule polaire contient 16 paires d'anses, il en reste 16 dans l'ovocyte.

Un second fuseau se reforme aussitôt, et, sans transition, la deuxième mitose dissocie ces paires en leurs éléments. Des numérations longuement répétées montrent que le nombre des anses simples demeurées dans l'ovocyte après la mitose II est 16.

---

(1) Janssens et Elrington, *L'élément nucléinien pendant les cinèses de maturation dans l'œuf de l'*Aplysia punctata (*La Cellule,* t. XXI, 1904).

Comme le nombre des anses pachytènes est certainement 8, et que le nombre des bandes clivées d'une métaphase somatique est 16, il faut conclure qu'après l'émission du second globule polaire il n'y a pas eu encore de réduction numérique.

Dans l'état actuel des connaissances, le résultat est assez surprenant. Cependant, en 1909, Schleip ([1]) a montré que deux globules polaires peuvent être émis sans entraîner la réduction numérique : il est vrai qu'il s'agit ici d'un cas de parthénogenèse obligatoire. D'autre part, la littérature fournit quelques renseignements, montrant que des auteurs ont dû se trouver engagés dans la voie qui m'a conduit à ce résultat. En effet, Rückert ([2]) (1892) signale que, dans l'ovocyte des Sélaciens, le nombre des dyades individualisées à la fin de la période d'accroissement est égal, non au nombre réduit, mais au nombre somatique des chromosomes. En 1907, J. Maréchal ([3]) confirme ce fait sur le même matériel (ovocytes de *Pristiurus* et de *Scyllium*); malgré la formation d'anses pachytènes en nombre réduit, 18, le nombre des dyades hétérotypiques est égal au nombre somatique 36. Malheureusement, aucun de ces deux auteurs n'a poussé ses recherches jusqu'aux mitoses maturatives. Chez un Polyclade, Schockaert ([4]) (1902) croit trouver que chaque anse pachytène fournit plusieurs dyades hétérotypiques à la mitose I. Janssens (1904) se rallie à la même opinion pour l'ovocyte d'*Aplysia*. Il n'a pas compté les anses pachytènes, mais il voit les 16 dyades hétérotypiques de forme classique provenir de bandelettes chromatiques volumineuses; chaque bandelette, qui représenterait une anse pachytène, donne plusieurs dyades, probablement deux.

Je pense que, si ces quelques observations sont reprises et complétées, elles conduiront aux résultats que j'expose ici. Par suite de deux divisions longitudinales *intranucléaires* efficaces, intercalées entre le stade pachytène et la métaphase I, l'action réductrice qui opérait dès le stade leptotène est annihilée. Alors la réduction numérique ne s'effectue pas par l'intermédiaire des deux mitoses de maturation. Le moment où elle se réalise reste à trouver, il reste aussi à dire comment elle s'accomplit finalement; c'est ce que nous

([1]) Schleip, *Die Reifung des Eies von* Rhodites rosæ... (*Zoolog. Anzeiger*, Bd. XXXV, 1909).

([2]) Rückert, *Ueber die Verdoppelung der Chromosomen im Keimbläschen des Selachiereies* (*Anat. Anz.*, Bd. XIII, 1893).

([3]) J. Maréchal, *Sur l'ovogenèse des Sélaciens et de quelques autres Chordates* (*La Cellule*, t. XXIV, 1907).

([4]) Schockaert, *L'ovogenèse chez le* Thysanozoon Brocchii (*La Cellule*, t. XX, 1902).

rechercherons prochainement. Mais nous pouvons dès maintenant introduire parmi les ovocytes la distinction suivante : 1° ceux qui possèdent un petit noyau (*Ascaris*) et où le second globule polaire renferme certainement le nombre réduit des chromosomes ; 2° ceux qui possèdent un grand noyau (*Sabellaria*) et où le nombre réduit, apparu au début de la prophase I, ne persiste pas pendant la période d'accroissement. Dans la spermatogenèse, le noyau grandit beaucoup moins, en général, pendant la période d'accroissement; la mitose I se fait, comme dans les ovocytes de la première catégorie, sur le nombre réduit; la réduction numérique paraît alors étroitement liée à la formation d'anses pachytènes et au mécanisme de la mitose I. Mais, si l'abaissement du nombre des chromosomes réalisé au stade pachytène ne persiste pas jusqu'à la métaphase I, comme c'est le cas dans l'ovocyte de *Sabellaria*, la formation des anses pachytènes perd beaucoup de son importante. D'autre part, il faut dégager la notion de forme hétérotypique des chromosomes de celle de réduction.

CHIMIE PHYSIOLOGIQUE. — *La composition des tissus en acides gras non volatils et en cholestérine et l'existence possible d'une « constante lipocytique ».* Note de MM. **André Mayer** et **Georges Schaeffer**, présentée par M. A. Dastre.

Nos recherches sur la composition des globules rouges nous ont montré que, dans une même espèce, la teneur de ces éléments en acides gras non volatils provenant des lipoïdes et en cholestérine oscille peu autour d'un chiffre constant et caractéristique. Nous nous sommes demandé si cette observation ne peut pas être généralisée, si cette constante physiologique n'existe pas pour tous les tissus, si chaque tissu normal ne peut pas être caractérisé par sa teneur en acides gras et en cholestérine. Les indices qui expriment cette teneur seraient représentatifs de l'organe et de l'espèce considérés, si les variations que l'on constate oscillaient dans des limites restreintes autour d'une valeur moyenne.

Les techniques que nous possédons nous permettent-elles d'entreprendre ce travail ? En ce qui concerne la cholestérine, nous nous trouvons en présence d'un corps unique et qu'on peut doser par une méthode suffisamment précise. Au contraire, pour les acides gras fixes, nous n'avons que les méthodes de saponification totale, méthodes brutales, globales, qui ne permettent pas de distinguer la provenance (phosphatides, graisses

neutres, éthers de la cholestérine) des acides dosés. L'interprétation des résultats qu'elles donnent sera donc forcément entachée d'une certaine indécision, et le travail qu'elles permettent n'est qu'un travail d'approche. Il nous a paru cependant que nous pouvions le tenter.

		Poumon.			Rein.			Foie.		
		Acides gras.	Chol.	Coeff.	Acides gras.	Chol.	Coeff.	Acides gras.	Chol.	Coeff.
Chien.	I..........	»	»	»	12,6	1,60	12,7	12,0	0,70	6,6
	II.........	»	»	»	13,2	1,14	8,6	11,1	0,62	5,6
	III........	9,74	2,11	21,6	10,8	1,30	12,8	10,7	0,90	8,4
	IV.........	8,39	1,91	22,8	13,3	1,24	9,3	11,2	0,70	6,2
	V..........	10,21	1,59	15	15,6	1,45	9,2	10,5	0,74	7
	VI.........	8,40	1,80	21	11,8	1,40	12,7	9,1	0,65	8
	VII........	8,23	1,77	21,5	11,0	1,24	12,3	10,2	0,81	7,9
Lapin.	I (1).......	»	»	»	13,4	1,87	13,9	12,3	1,01	8,2
	II (2)......	»	»	»	15,1	1,88	12,4	10,6	0,95	8,8
	III (4)......	9,0	2,15	23	9,18	1,82	19,5	9,5	0,85	8,9
	IV (8)......	11,6	1,85	15	14,04	1,25	9	12,4	0,67	8
	V (16).....	12,0	2,06	17	12,5	1,34	10	10,1	0,90	8,9
	VI (10).....	13,1	1,84	14	»	»	»	»	»	»
	VII (9).....	11,5	2,05	17	»	»	»	»	»	»
Pigeon.	I..........	6,8	1,9	28	18,8	1,58	8,4	12,8	1,5	12,1
	II.........	7,0	1,7	25	12,3	1,36	11	13,8	0,72	5,2
	III........	2,9	0,6	20	16,0	1,48	9	13,9	1,23	8,9
	IV.........	10,9	2,4	22	19,9	1,78	8,9	17,2	1,25	7,3
	V..........	7,6	2,16	28	15,2	1,61	10,5	16,3	0,90	5,9
	VI.........	8,9	1,87	20,7	20	1,37	6,9	22,2	1,77	8
Grenouille[1]	I..........	»	»	»	»	»	»	7,45	1,37	18,4
	II.........	»	»	»	»	»	»	10,70	1,49	13,9
	III........	»	»	»	»	»	»	9,95	1,20	12,2
	IV.........	»	»	»	»	»	»	8,85	1,47	16,6
	V..........	»	»	»	»	»	»	13,89	0,98	7
								Hépatopancréas.		
Anguille.	I (5).......	»	»	»	22,6	1,59	7	54,5	2,11	3,9
	II (6)......	»	»	»	24,5	1,65	6,7	47,9	1,58	3,3
	III (7).....	»	»	»	21,4	1,55	7,2	38,7	1,71	4,4
	IV (8).....	»	»	»	13,4	0,72	5,3	47,6	1,72	3,6
	V (9)......	»	»	»	16,6	1,08	6,5	51,3	2,09	4
	VI (10).....	»	»	»	16,2	1,50	9	50,5	2,06	4

[1] Grenouille : chaque dosage fait sur trois organes réunis.

		Pancréas.			Muscle ([1]).			Testicule ([2]).		
		Acides gras.	Chol.	Coeff.	Acides gras.	Chol.	Coeff.	Acides gras.	Chol.	Coeff.
Chien.	I	»	»	»	16,0	0,21	1,3	16,01	1,99	12,3
	II	12,9	0,84	6,4	9,2	0,25	2,6	14,20	1,80	12,7
	III	11,0	0,70	6,5	6,9	0,26	3	15,3	1,63	10,6
	IV	15,7	0,80	5,1	11,7	0,24	2	»	»	»
	V	13,7	0,65	4,7	22,5	0,23	1	»	»	»
	VI	14,8	0,83	5,6	12,0	0,23	1,9	»	»	»
	VII	9,9	0,70	7	19	0,31	1,6	»	»	»
Lapin.	I (1)	»	»	»	4,31	0,28	0,6	»	»	»
	II (2)	»	»	»	3,55	0,25	0,7	»	»	»
	III (4)	»	»	»	2,91	0,33	1,1	»	»	»
	IV (8)	»	»	»	2,98	0,23	0,7	»	»	»
	V (16)	»	»	»	2,44	0,22	0,9	»	»	»
	VI (10)	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	VII (9)	»	»	»	»	»	»	»	»	»
Pigeon.	I	»	»	»	21,30	0,27	1,2	»	»	»
	II	»	»	»	11,9	0,28	2,3	»	»	»
	III	»	»	»	17,5	0,26	1,4	»	»	»
	IV	»	»	»	20,2	»	»	»	»	»
	V	»	»	»	16,9	0,28	1,6	»	»	»
	VI	»	»	»	13,6	0,24	1,7	»	»	»
		Peau.								
Grenouille ([3])	I	4,54	0,83	18,3	»	»	»	»	»	»
	II	4,05	0,79	19,6	»	»	»	»	»	»
	III	4,46	0,78	17,9	»	»	»	»	»	»
	IV	4,96	0,80	16,2	»	»	»	»	»	»
	V	3,95	0,61	15	»	»	»	»	»	»
								Organes génitaux.		
Anguille.	I (5)	»	»	»	40,6	0,28	0,6	68,7	0,67	9
	II (6)	»	»	»	30,5	0,38	1,2	»	»	»
	III (7)	»	»	»	43,9	0,28	0,6	62,4	1,05	1,6
	IV (8)	»	»	»	57,9	0,31	0,5	62,7	0,73	1,1
	V (9)	»	»	»	49,6	0,38	0,7	75,2	0,71	0,9
	VI (10)	»	»	»	41,3	0,45	1,1	69,0	1,30	1,8

Technique. — Nous avons employé les méthodes de Kumagawa et de Windaus,

([1]) Muscle couturier chez le chien. — Muscle de la cuisse chez le lapin. — Muscle périphérique de l'anguille.

([2]) Testicules d'animaux non compris dans le Tableau.

([3]) Grenouille : chaque dosage fait sur trois organes réunis.

avec des modifications sur lesquelles nous reviendrons dans un Mémoire étendu. Les animaux dont nous allons nous occuper dans cette Note étaient des individus normaux, adultes, tués par saignée, et dont les organes étaient prélevés au moment même de la mort. Nous ne donnerons que quelques-uns de nos résultats, parmi plusieurs centaines de dosages pratiqués sur des animaux à l'état normal et pathologique, ceux relatifs aux vertébrés, en laissant de côté le système nerveux, qui mérite une étude spéciale, et les organes de l'homme, que nous nous réservons d'examiner à part. Tous nos chiffres représentent des teneurs rapportées à 100^g de tissu sec. Les rapports $\frac{\text{cholestérine}}{\text{acides gras}}$ sont comptés en centièmes.

En examinant ces Tableaux, on est d'abord frappé par le fait que, dans chaque espèce, pour un organe donné, il existe d'assez grandes variations individuelles. Comme il fallait s'y attendre pour les raisons données plus haut, elles sont plus fortes pour les acides gras que pour la cholestérine. Elles sont aussi plus fortes pour les organes contenant du tissu conjonctif (muscle) que pour les parenchymes. Cependant, à travers ces variations individuelles, il n'est peut-être pas impossible de discerner des faits amenant à des conclusions générales :

1° Dans une même espèce, les teneurs en acides gras et en cholestérine d'un organe donné se groupent assez étroitement autour d'une moyenne. Pour la cholestérine de certains organes (muscles, rein du pigeon, du lapin, peau de la grenouille, etc.), ce groupement est si étroit qu'on peut même parler d'une constance physiologique.

2° D'une espèce à l'autre, pour un même organe, la teneur en acides gras et en cholestérine peut être très différente. La valeur générale de ces teneurs pour tous les organes est bien caractéristique d'une espèce considérée ; elle est plus forte pour les oiseaux que pour les mammifères; plus forte encore pour l'anguille.

3° Le rapport $\frac{\text{cholestérine}}{\text{acides gras}}$ est assez caractéristique d'un organe considéré. Si l'on ordonne les différents organes par rapport à ce coefficient, on trouve généralement le même ordre, quelle que soit l'espèce considérée (poumons, reins, foie, etc.).

Les chiffres bruts que nous avons obtenus nous font espérer que l'emploi de méthodes de dosage, moins globales que les méthodes actuelles, nous permettront de serrer la question de plus près et d'arriver à constater l'existence de véritables constantes physiologiques. Dès à présent d'ailleurs, nous pourrons montrer que la considération des teneurs en acides gras et

en cholestérine (ou *indices lipocytiques*) et du rapport $\frac{\text{acides gras}}{\text{cholestérine}}$ ou *coefficient lipocytique* a une grande importance physiologique [1].

A la vérité, les acides gras dosés sont des mélanges d'acides qualitativement distincts (Leathes, Hartley), mais ils ont des propriétés physicochimiques communes, qui déterminent certains caractères généraux des tissus dont ils sont les constituants. Dès lors, la manière différente et spécifique dont se comportent soit certains organes sur un même animal, soit certaines espèces animales, n'est peut-être que la traduction des variations quantitatives de ces constituants communs.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Synthèse biochimique de glucosides d'alcools (glucosides α) à l'aide de la glucosidase α : méthylglucoside α. Destruction de la glucosidase α en milieu fortement alcoolique.* Note de MM. **Em. Bourquelot**, **H. Hérissey**, **M. Bridel**, présentée par M. É. Jungfleisch.

Dans une Note antérieure [2] nous avons montré que la glucosidase α, contenue dans la levure basse, était susceptible de déterminer des processus synthétiques, et, en particulier, nous avons décrit l'obtention, au moyen de ce ferment, de l'éthylglucoside α. Le même procédé biochimique nous a permis de préparer le méthylglucoside α.

La solution de glucosidase α a été préparée en faisant macérer, pendant 24 heures ($t = 15°$ à $20°$), de la levure de bière basse, lavée et desséchée à l'air, dans 10 fois son poids d'eau toluénée et filtrant. D'autre part, on a fait à chaud une solution aqueuse de glucose pur à 10^g pour 100^{cm^3}.

Ces liquides ont été mélangés et additionnés d'eau et d'alcool dans l'ordre et dans proportions ci-dessous :

	cm^3
Macéré de levure	200
Solution de glucose	100
Eau distillée	450
Alcool méthylique à 99°,5	200
Eau distillée, q. s. p	1000

(1) L'étude systématique de ces indices et de ce coefficient dans leurs rapports avec les états digestifs est actuellement poursuivie par M. Terroine et M[lle] Weill. Nous pouvons dire, dès à présent, qu'ils en sont largement indépendants. Par contre, nous avons pu constater qu'ils varient considérablement au cours des états pathologiques et sous l'influence de certains agents pharmacologiques.

(2) *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 168.

Le mélange renfermait donc, pour 100^{cm^3}, environ 20^{cm^3} d'alcool méthylique pur et 1^g de glucose. Il a été abandonné à la température du laboratoire (15° à 18°) et agité de temps en temps.

La rotation initiale était de $+1°4'$ ($l=2$). Jusqu'à l'arrêt de la réaction, on a observé les rotations suivantes :

Durée:	3 jours.	6 jours.	9 jours.	15 jours.
Rotation...	$+1°32'$	$+1°50'$	$+2°2'$	$+2°12'$

soit une augmentation de 68′, représentant, d'après le calcul, la formation d'une quantité de méthylglucoside α correspondant sensiblement à 48,5 pour 100 du glucose mis en œuvre.

Le liquide a été filtré, puis porté à l'ébullition en présence de quelques grammes de carbonate de calcium ; on a filtré de nouveau, concentré sous pression réduite jusqu'à environ 200^{cm^3} et ajouté 2^g de levure des boulangers, fraîche, pour détruire le glucose non transformé en glucoside.

Après 18 à 20 heures de fermentation, on a filtré, porté à l'ébullition et distillé à sec sous pression réduite, en présence d'un peu de carbonate de calcium. On a traité le résidu à chaud et à reflux par 400^{cm^3} d'éther acétique anhydre. On a filtré et abandonné à la température du laboratoire. Du jour au lendemain, il s'est déposé de longues aiguilles prismatiques incolores qui ont été recueillies et séchées dans le vide sulfurique (il y en avait $1^g,20$). De nouveaux épuisements de l'extrait en ont fourni encore 2^g.

Le produit ainsi obtenu a été identifié avec le méthylglucoside α préparé par voie chimique ; il possédait le même point de fusion que ce dernier (+166°), était hydrolysé, en solution aqueuse, par la glucosidase α. Son pouvoir rotatoire a été trouvé de $\alpha_D = +156°,8$ ($p = 0,1530$; $v = 15$; $l = 2$; $\alpha = +3°12'$).

Au cours des essais qui nous ont conduits à l'obtention biochimique de l'éthylglucoside α et du méthylglucoside α, nous avons été amenés à rechercher pourquoi, contrairement à ce qui avait été constaté pour leurs isomères β, les synthèses biochimiques de ces deux glucosides ne peuvent être effectuées que dans un milieu relativement peu alcoolique. Ou bien les alcools de titre élevé constituent simplement un milieu défavorable à l'action de la glucosidase α ; ou bien ces mêmes alcools exercent sur ce dernier ferment une action nocive qui peut aller jusqu'à sa destruction. Il semble, d'après des essais spéciaux, faits avec l'alcool méthylique, que ce soit la dernière de ces hypothèses qui est conforme à la réalité.

Ces essais, dont le détail trouvera place dans une autre publication, ont montré d'abord, avec une netteté absolue, que la glucosidase α (sous

forme de macéré aqueux de levure basse), maintenue pendant 48 heures, à 15°-18°, dans des alcools méthyliques à 80^c et à 60^c, perdait par ce traitement toute activité, aussi bien hydrolysante sur le méthylglucoside α que synthétisante sur le glucose *d* en présence d'alcool méthylique. Ce fait est très important au point de vue général de la réversibilité, car il est d'accord avec cette hypothèse que, dans un produit fermentaire, c'est le même enzyme qui hydrolyse ou qui synthétise.

D'autre part, on a constaté que les alcools à 40^c et même à 35^c font subir à la glucosidase α, par un contact de 48 heures, un affaiblissement notable. Une expérience faite avec de l'alcool méthylique à 35^c nous a montré, d'ailleurs, qu'il suffit de prolonger le contact avec cet alcool pour aboutir encore à une destruction complète. Il reste donc hors de doute que l'alcool méthylique de titre suffisamment élevé détruit la glucosidase α.

La destruction ne paraissant se faire qu'avec une certaine lenteur dans les alcools à 40^c ou à 35^c, on peut se demander pourquoi, lorsqu'on fait agir la glucosidase α dans de tels alcools, on n'observe pas au moins un commencement de synthèse appréciable. Pour ces alcools, le phénomène est évidemment complexe; en dehors du fait que l'action des traces d'émulsine contenues dans le ferment employé peut très bien masquer l'action synthétisante, alors très faible, de la glucosidase α, on pourrait peut-être admettre que, outre leur action destructive sûre, sinon immédiate ou très rapide, sur la glucosidase α, ces alcools de titre moyen sont capables d'exercer un pouvoir suspensif sur l'activité de ce ferment.

Ajoutons que de nouvelles recherches, faites sur des alcools autres que les alcools méthylique et éthylique, nous ont montré que pour certains de ces alcools, les processus synthétiques par la glucosidase α ne pouvaient s'exercer que dans des milieux encore plus riches en eau que les milieux utilisés au cours des présents essais.

PALÉONTOLOGIE. — *L'asymétrie fréquente des élytres de* Blattidæ *du terrain houiller de Commentry (Allier) et la phylogénie des groupes.* Note de **M. Fernand Meunier**, présentée par M. E. Perrier.

L'examen, très détaillé, des remarquables documents de *Blattidæ* du gisement de l'Allier m'a permis de constater que la morphologie asymétrique des élytres des Nomoneures se voit assez fréquemment chez les *Protoblattinæ*, les *Mylacrinæ* et les *Blattinæ*. Cet aspect élytral n'a cependant

été constaté que très rarement, les descripteurs disposant, la plupart du temps, d'élytres de droite ou de gauche de la première paire.

La question intéresse tout particulièrement le paléontologiste désireux de démêler quelques traits de la morphologie de ces êtres et d'esquisser leur histoire pendant le cours des âges géologiques.

On sait que les Nomoneures sont des Holométaboles à faciès très archaïque, et conséquemment pouvant nous donner une idée des formes très primitives, c'est-à-dire de celles antérieures au terrain houiller, où bien des groupes sont déjà assez nettement différenciés.

Le triage des Blattides (on voit quelques genres bien moins nombreux qu'on se l'imagine à première vue) m'autorise à faire quelques remarques qui, dans l'état actuel de la Science, ne doivent encore être envisagées que comme des jalons préliminaires. Avant de rien conclure, il y a lieu de voir, avec soin de grandes séries de *Blattidæ* de la faune récente, notamment les grandes espèces éthiopiennes, de l'Amérique du Sud et de l'Australie.

A Commentry, l'asymétrie se remarque aussi bien aux petites et très petites élytres qu'à celles de moyenne et de grande taille. Ce n'est cependant qu'une asymétrie secondaire, car elle ne modifie en rien la disposition morphologique des nervures sous-costale, radiale, médiane, cubitale et anale qui conservent invariablement une grande constance de structure. Il n'en est pas de même des branches qui forment les secteurs de ces nervures, qui présentent parfois des modifications très appréciables.

De la nervure sous-costale partent toujours des veinules (nervules) dirigées vers le bord antérieur de l'organe. Si les élytres (ailes de la première paire) sont asymétriques, les nervules sont en nombre inégal. On voit alors, par exemple, huit nervules à l'élytre gauche et dix à celle de droite ou *vice versa*. Des variations de même importance se constatent aux nervules sortant des autres secteurs (radius, médiane, cubitus) et aussi du champ anal. Le gisement français offre fréquemment à l'observateur un grand nombre de *Blattidæ* ayant conservé leurs principaux organes : élytres, thorax, abdomen et quelquefois les ailes de la seconde paire, ce qui permet de donner une portée générale, très importante, à ces cas morphologiques. La plupart du temps les systématistes décrivent des élytres isolées et ignorent conséquemment si elles appartenaient à des formes asymétriques.

Comme à Commentry il n'a été rencontré qu'un nombre relativement restreint d'ailes postérieures, il est difficile de statuer à cet égard. La même remarque s'applique aux gisements paléozoïques américains. Quelle

sera la voie suivie ordinairement par le paléontologiste ? Il décrira, comme forme distincte, chaque élytre trouvée isolément et la Science s'enrichira d'un grand nombre de formes, prétenduement nouvelles, diagnosées suivant les règles zoologiques admises. Au point de vue des faunes locales en particulier, et des relations phylogéniques probables que ces Nomoneures peuvent présenter entre eux, il pourra en résulter des erreurs très préjudiciables à l'avancement de la Science, vu l'impossibilité de reconnaître le nombre, même approximatif, des espèces d'un horizon géologique. Pour ce qui a trait à l'évolution d'un groupe déterminé, il faut s'en tenir à des observations rigoureuses permettant de solutionner le délicat problème du classement naturel des espèces.

Handlirsch et quelques autres observateurs ont signalé déjà des élytres de *Blattidæ* affectées d'asymétrie, sans cependant laisser entrevoir quels sont les errements considérables pouvant résulter de fausses indications morphologiques lorsqu'il s'agit d'esquisser l'histoire d'un genre ou d'un groupe. L'asymétrie semble être rare chez les Holométaboles paléodictyoptères, Protodonates; elle est déjà mieux accusée parmi les Protorthoptères contenant encore beaucoup de formes hétérogènes. A Commentry, les cas d'asymétrie des Blattides, sans être d'une fréquence extraordinaire, sont cependant loin d'être rares. Il m'a été possible de trouver des *Dictyomylacris*, des *Paromylacris*, des *Anthracoblattina*, des *Gerablattina* et des *Etoblattina*, à morphologie asymétrique des élytres.

Une conclusion s'impose après l'étude détaillée de toutes ces asymétries. Faut-il admettre, chez ces anciens Orthoptères, que la morphologie des élytres était encore en pleine voie d'évolution lors du dépôt primaire de Commentry ? Au contraire, tout porte à croire que les variations morphologiques de ces Nomoneures n'ont pas été aussi grandes qu'on est tenté de l'admettre. Appliqué à d'autres groupes d'insectes fossiles paléozoïques, cette même manière de voir conserve toute sa valeur.

Certes, il n'y a pas lieu d'exagérer outre mesure l'importance de ces remarques car dans quelques cas particuliers, pour ne citer ici que les Nomoneures mésozoïques, la morphologie de ces êtres comparée aux espèces paléozoïques et à celles de la faune récente présentent des caractères très critères, plaidant notoirement en faveur d'une évolution assez accusée de cette famille d'Orthoptères.

On le voit, l'étude des asymétries des élytres (elle n'est encore que sommairement esquissée) permet cependant de constater qu'il y a lieu d'être très prudent lorsqu'il s'agit d'établir de nouvelles coupes génériques de Nomoneures qui, si elles étaient représentées par les deux paires d'ailes

(élytres et ailes proprement dites), modifieraient bien des idées relatives au groupement le plus logique de ces holométaboles.

On peut admettre que les *Blattidæ* ont conservé quelques caractères des Paléodictyoptères, mais on ignore encore (en tablant d'après des faits précis) quels étaient les ancêtres présumés des Nomoneures qui, au dire de certains auteurs, se rapprocheraient des Thysanoures. Soyons sobres en conjectures philosophiques, non étayées d'après des documents indiscutables, et amassons des faits plus nombreux et plus précis avant de déchirer un coin du voile de l'histoire phylogénique, encore embrouillée, des Nomoneures paléozoïques.

L'étude de l'asymétrie des élytres des *Blattidæ* du célèbre gisement de l'Allier m'autorise à formuler les deux conclusions suivantes :

1. L'asymétrie, assez fréquente, de l'élytre droite et gauche des Blattes de Commmentry doit nous mettre en garde contre la tendance actuelle d'établir tant de nouveaux genres et nouvelles espèces, ordinairement si préjudiciable aux progrès de la Science.

2. Il y a lieu de tenir compte de l'asymétrie des élytres lorsqu'il s'agit d'établir les relations phylogéniques probables des Nomoneures paléozoïques.

GÉOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Les dunes primaires de Gascogne; explication de leur formation.* Note de M. **Jules Welsch.**

La côte de Gascogne est bordée, depuis l'embouchure de la Gironde jusqu'au sud de celle de l'Adour, par une bande de dunes ayant plusieurs kilomètres de largeur ; on trouve d'autres dunes dans l'intérieur du plateau des Landes.

Le sable éolien de toutes ces traînées de monticules est le plus souvent assez régulier et assez fin : mais quelquefois la régularité manque et l'on y voit du gravier qui a été poussé par les vents violents ; je citerai le cas des dunes fixées (ou mortes) de Caseville, sur la route de Biarritz à Bidart. M. E. Durègne a montré, dans les *Comptes rendus* du 22 décembre 1890 et du 10 mai 1897, qu'il y avait lieu de distinguer deux âges dans la formation des dunes de Gascogne ; par suite, deux séries :

1° *Dunes modernes* en lignes parallèles à la direction générale de la côte ;

2° *Dunes primaires*, dont l'orientation est différente, en général perpendiculaire à la première. A celles-ci, il a rattaché un certain nombre de dunes continentales.

J'ajoute qu'il est à peu près impossible de fixer l'âge relatif des dunes, en s'appuyant sur l'étude des restes fossiles ou subfossiles ; en effet le sable est siliceux, dépourvu de calcaire et d'argile ; de plus il est perméable et les eaux de pluie ont dissous tous les débris calcaires qui ont pu s'y trouver.

Les hypothèses proposées pour expliquer la formation et la disposition des dunes anciennes ne sont pas satisfaisantes. Aussi ai-je repris la question d'une façon différente, à la suite d'études comparées sur les formations quaternaires et récentes de l'ouest de l'Europe [1].

Le côté convexe de l'espèce de croissant que présente une dune élémentaire théorique primaire est dirigé, le plus souvent, vers l'Est ou le Nord-Est, tandis que, dans le cas des dunes modernes de la côte, il regarde en général vers l'Ouest.

Ces dernières ont été formées sous l'influence du régime actuel des vents, dans des conditions géographiques déterminées principalement par la direction du littoral et l'apport du sable par la mer ; elles sont en longues traînées parallèles à la côte.

On a cherché à expliquer la formation des dunes primaires en supposant que les conditions géologiques et météorologiques de l'époque correspondante étaient les mêmes que celles de l'époque actuelle. Or nous savons qu'il y a eu des changements dans le nord-ouest de l'Europe depuis la fin de l'époque tertiaire.

C'est dans cet ordre d'idées qu'il faut chercher l'explication de la formation et de la disposition des dunes primaires.

Un des éléments caractéristiques des climats est certainement le régime des vents. Dans l'ouest de l'ancien continent, depuis le nord des Iles Britanniques jusqu'au Sahara, le régime humide implique la prédominance des vents océaniques, tandis que l'état aride montre l'existence de vents continentaux. Même pour les variations rapides et journalières de température et de climat, sur un même point, il suffit le plus souvent de regarder la girouette ; les vents du Nord et du Nord-Est impliquent un régime sec, tandis que les vents du Sud-Ouest et de l'Ouest amènent la pluie.

Il y a certainement eu, à l'époque quaternaire ou pléistocène, une répartition des climats différente de celle qui régit actuellement l'ouest de l'Europe ; c'est ce qu'a montré M. F.-W. Harmer, de Norwich (Angleterre).

---

[1] Grâce à une subvention de l'Académie (Fonds Bonaparte), j'ai pu, en 1912, étudier les phénomènes littoraux depuis la frontière d'Espagne jnsqu'au nord d'Aberdeen (Écosse).

L'extension d'une immense nappe glaciaire dans le nord de l'Europe ne fait plus de doute; la Scandinavie, la Grande-Bretagne, l'Allemagne du Nord et la Russie septentrionale ont été recouvertes de glace, à un ou plusieurs moments de l'époque pléistocène.

Cette nappe glaciaire était, en général, un centre de froid et, par suite, de hautes pressions; c'était le siège d'un anticyclone; l'orientation des vents qui s'échappaient de cette surface était celle des aiguilles d'une montre; ces vents étaient froids et secs. Dans l'Europe centrale, les vents du Nord-Est et de l'Est prédominaient; je ne parle que d'une moyenne, car il y avait certainement des changements qui devaient être saisonniers, mensuels et journaliers, sans oublier les modifications en rapport avec l'avancement ou le recul des lobes glaciaires.

J'attribue la direction générale des dunes primaires et des dunes intérieures ou continentales, et leur forme particulière, à ce régime des vents; ces derniers balayaient la surface du plateau landais, séparaient les éléments fins des formations antérieures pour les accumuler en traînées plus ou moins perpendiculaires à sa direction moyenne, avec le côté convexe du croissant qui regarde vers l'Est.

Cela explique aussi la grande quantité de sable éolien qu'on trouve épars sur le plateau des Grandes Landes. C'est à la même origine qu'il faut attribuer la formation de la masse principale du lœss éolien de certaines régions; bien d'autres indices pourraient être cités d'un climat froid et sec.

Ce n'est qu'après la fusion définitive de la nappe glaciaire pléistocène du nord de l'Europe que le changement de direction des vents a pu se faire, pour en arriver à l'établissement du régime cyclonique actuel par le nord de l'océan Atlantique. Les dunes pléistocènes ont été alors modifiées légèrement quant à leur forme; elles se sont couvertes de végétation et de bois, qui en ont fait des dunes mortes.

M. Tellier adresse un Mémoire intitulé : *La chaleur dans ses sources naturelles.*

(Renvoi à l'examen de MM. d'Arsonval et Violle.)

A 4 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 5 heures et demie.

G. D.